

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Мобильное определение pH грунтов для коррозионного мониторинга трубопроводов

УДК 628.54:661.48:691

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Раденков Тимофей Александрович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и
ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель МЕН ИСГТ ТПУ	Королева Наталья Валентиновна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

Томск – 2016 г.
Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность): Техносферная безопасность
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой С.В. Романенко

(Подпись) _____ (Дата) _____ (Ф.И.О.) _____

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна

Тема работы:

Мобильное определение pH грунтов для коррозионного мониторинга трубопроводов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе: <i>наименование объекта исследования или проектирования; режим работы</i>	Объектом исследования являются электрод на основе сурьмы и хингидронный электрод. Использованы результаты учебной исследовательской работы и производственной практики.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью достижений мировой науки техники в рассмотрении области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования)</i>	Изучить литературные источники по данной теме. Исследовать зависимость pH от различных параметров, исследовать электрод на основе сурьмы и хингидронный электрод. Спланировать и сформировать бюджет научных исследований. Осуществить анализ вредных и опасных факторов производственной среды, анализ воздействия на окружающую среду и анализ возможных чрезвычайных ситуаций.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Рис. 1. Виды коррозии	
Рис. 2. Типичные структурные элементы почв	
Рис. 3. Схема катодной защиты трубы с использованием вспомогательного	

электрода и выпрямителя

Рис. 4. Катодные и анодные поляризационные кривые

Рис. 5. Диаграмма Пурбе

Рис. 6. Структурная схема системы ККМ

Рис. 7 Структурная схема комплексного коррозионного мониторинга

Рис. 8 Потенциометрический метод определения pH

Рис. 9 Колориметрический метод определения pH

Рис. 10 Титриметрический метод определения pH

Рис. 11 Устройство стеклянного электрода

Рис. 12 Устройство хингидронного электрода

Рис. 13 Схематический вид ИСПТ

Рис. 14 Зависимость pH от точки отбора пробы почвы

Рис. 15 Зависимость pH от длительности экстракции

Рис. 16 Зависимость pH от горизонта

Рис. 17 Зависимость pH от количества воды в почвенной суспензии

Рис. 18 Стеклянный электрод

Рис. 19 Сурьмяный электрод

Рис. 20 Хингидронный электрод

Рис. 21 Карта сегментирования рынка услуг по разработке индикаторных

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	старший преподаватель Королева Наталья Валентиновна
Раздел «Социальная ответственность»	к.т.н. доцент Сечин Андрей Александрович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Раденков Тимофей Александрович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения
Рабочим местом является лаборатория корпуса № 18 НИ ТПУ. Объектами исследования являются электрод на основе сурьмы и хлорсеребряный электрод. Область применения – мобильный коррозионный мониторинг.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Профессиональная социальная безопасность
 - 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования
Стекло является хрупким, легко трескается и ломается при ударах. В процессе исследования и эксплуатации хлорсеребряный электрод может разбиться или расколоться. При неправильной эксплуатации на коже могут остаться порезы.
 - 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований
В лаборатории корпуса №18 негативное воздействие на человека оказывает микроклимат, освещение, шум и возможность поражения электрическим током.
 - 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов
Для предотвращения воздействия вредных и опасных факторов на человека различают средства коллективной и индивидуальной защиты.
2. Экологическая безопасность
 - 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду
Воздействие объекта исследования на окружающую среду происходит на протяжении всего жизненного цикла продукции. Жизненный цикл продукции определяется процессами изготовления, эксплуатации и утилизации.
 - 2.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды
Металлические опилки сурьмы и резину отправляют на захоронение на полигоны ТБО. Серебро и стекло от хлорсеребряного электрода отправляют на переплавку, пластиковый корпус электрода на основе сурьмы также отправляют на переплавку.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях
 - 3.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта
При нарушении норм и правил пожарной безопасности в лаборатории, неисправности электрооборудования, электропроводки может возникнуть пожар.
 - 3.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС
Для исключения возможности возникновения пожара в рабочем помещении, необходимо систематически проверять целостность изоляционных покрытий электрических проводок.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности
 - 4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы

трудового законодательства

Согласно ст. 217 ТК РФ, создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области, в целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля их выполнения в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью более 100 работников.

4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место по отношению к световым проемам должно располагаться таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами, например, жалюзи.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности оборудования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна		

Задание для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с определением информацией в установке, аналитических материалах, расчетов бюллетенях, нормативно-правовых документах;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей
2. Временные показатели проведения научного исследования
3. Календарный план-график проведения НИОКР
4. Материальные затраты
5. Расчет основной заработной платы
6. Расчет бюджета затрат НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е2Б	Карташова Анастасия Дмитриевна		

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

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки (специальность): Техносферная безопасность

Уровень образования: Бакалавр

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2014/2015 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполняемой работы:

Дата контроля	Название раздела / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
13.03.16	Обзор литературных источников	
4.04.16	Проведение лабораторных исследований	
26.04.2016	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
5.06.15	Раздел «Социальная ответственность»	
9.05.16	Заключение	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Романенко Сергей Владимирович	Доктор химических наук		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области защиты окружающей среды.
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной ответственностью за работу коллектива при решении инженерных задач, применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов инновационной инженерной деятельности, знание вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности на производствах.
P5	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P6	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.

P7	Способность принимать участие в разработке инновационных инженерных проектов в области защиты окружающей среды на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, разрабатывать и использовать графическую документацию, принимать участие в установке, эксплуатации и проведении технического обслуживания устройств защиты окружающей среды, следовать их корпоративной культуре работодателя.
P8	Способность ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники, использовать современные методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности.
P9	Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по разработке новых перспективных систем газоочистки, водоочистки и утилизации твердых отходов, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, эксперименты, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов для достижения требуемых результатов.
P10	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в ЧС на объектах экономики при проведении работ по аттестации рабочих мест на промышленных предприятиях, использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях.
P11	Способность анализировать механизмы и характер воздействия опасностей на человека с учетом их специфики; использовать методы определения нормативных уровней допустимых негативных воздействий и проводить измерения уровней опасностей в среде обитания; составлять прогнозы возможного развития ситуации.
P12	Способность анализировать механизмы и характер воздействия технологических процессов основных отраслей промышленности на окружающую среду и взаимосвязь между их изменением и изменением воздействия на окружающую среду. Умение применять информацию, полученную в результате анализа при принятии технических и управленческих решений.

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 105 страниц, 21 рисунков, 24 таблиц, 37 источников.

Ключевые слова: рН, электроды, потенциометрический метод, почва, коррозия.

Объектами исследования являются: хингидронный электрод и электрод на основе сурьмы.

Целью данной работы является выбор средства определения водородного показателя грунтов для применения в системе мобильного коррозионного мониторинга.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выбор наиболее перспективного метода определения рН;
2. Исследование зависимости рН от различных параметров;
3. Исследование достоверности работы электродов, определение их погрешностей;

В процессе исследования проводилось изучение литературных источников, исследование зависимости рН от различных параметров, исследование работы электродов.

В результате исследования был проведен обзор литературных источников, исследована зависимость рН от различных параметров, исследовано качество работы сурьмяного и хингидронного электродов. Из результатов работы следует, что рН в зависимости от различных параметров изменяется от 0,5 до 1 ед. рН. Максимальная погрешность каждого электрода составляет 0,1 ед. рН. Показания хингидронного электрода наиболее приближены к результатам стеклянного электрода, значения которого взяты, как эталон. А электрод на основе сурьмы

выдает наиболее стабильные результаты. Максимальная погрешность данных электродов относительно стеклянного электрода составляет 1 ед. рН.

Экономическая эффективность: работы: отсутствие затрат на разработку проекта, высокая перспективность работы позволит в полном объеме реализовать данную выпускную квалификационную работу в необходимой сфере деятельности.

В будущем планируется развитие рассматриваемой темы в рамках магистерской диссертации.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	8
1. Коррозия металлов	8
2. Коррозия в различных средах.....	11
2.1 Атмосферная коррозия.....	11
2.2 Коррозия в морской воде	12
2.3 Почвенная коррозия	14
2.4 Коррозия блуждающих токов.....	15
3. Почва и ее характеристики	16
3.1 Строение почвенного профиля.....	16
3.2 Механический состав почвы	18
3.3 Структура почвы	19
3.4 Основные характеристики состава и свойств почв	20
4. Методы защиты от коррозии.....	23
4.1 Пассивные методы защиты от коррозии.....	23
4.2 Активные методы защиты от коррозии	31
5. Диаграмма Пурбе	35
6. Коррозионный мониторинг	37
7. Система комплексного коррозионного мониторинга	39
8. Мобильный коррозионный мониторинг	41
9. Контролируемые параметры мониторинга.....	42
10. Водородный показатель	43
11. Методы определения рН.....	44
11.1 Потенциометрический метод.....	44
11.2 Колориметрический метод	45
11.3 Объемный метод	47
11.4 Оптический метод	48
12. Индикаторные электроды	50
12.1 Стекланный электрод.....	50

12.2 Хингидронный электрод	51
12.3 Сурьмяный электрод	53
13. Устройство для определения водородного показателя	53
13.1 Ион-селективный полевой транзистор (ИСПТ)	54
ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	57
1. Методика выполнения потенциометрических экспериментов	57
1.1 Отбор проб почвы	57
1.2 Приготовление почвенной вытяжки	57
1.3 Приготовление буферных растворов	57
3. Экспериментальная часть	58
3.1 Исследование зависимости рН от точки отбора пробы почвы	59
3.2 Исследование зависимости рН от длительности экстракции	60
3.3 Исследование зависимости рН от типа почв	61
3.4 Исследование зависимости рН от количества воды в почвенной суспензии	62
3.5 Определение рН стеклянным, сурьмяным и хингидронным электродами	62
3.6 Обсуждение результатов	64
ГЛАВА 3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	66
1. Введение	66
2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
2.1. Потенциальные потребители результатов исследования	66
2.2. Анализ конкурентных технических решений	68
2.3. Технология QuaD	69
2.4. SWOT-анализ	70
3. Планирование научно-исследовательских работ	74
3.1. Структура работ в рамках научного исследования	74
3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	75
3.3. Разработка графика проведения научного исследования	76

3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	79
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	84
ГЛАВА 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	87
1. Введение	87
2. Объект исследования: приборы, оборудование	88
3. Профессиональная социальная безопасность.....	88
3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	88
3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований	88
3.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	90
4. Экологическая безопасность	91
4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	91
4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	91
5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
5.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.....	92
5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	92
6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
6.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	93
6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

В России трубопроводный транспорт является одним из наиболее распространённых, на него падает основной объём грузовых работ. Функционирование данного вида транспорта происходит в агрессивных условиях.

Значительный ущерб трубопроводу наносит коррозия. Для трубопроводного транспорта в основном характерна атмосферная и подземная коррозия, а также коррозия блуждающими токами. Каждый вид определяется специфическими условиями протекания процесса коррозии.

Защита от коррозии увеличивает срок эксплуатации, обеспечивает экологическую безопасность и позволяет снизить материальные затраты (например, убытки за счет временного прекращения функционирования систем, затраты на предотвращения аварий, текущий и капитальный ремонт).

В настоящее время существует система коррозионного мониторинга, которая позволяет прогнозировать и контролировать процесс коррозии. Одним из контролируемых параметров коррозии является кислотность среды. Кислая среда увеличивает скорость коррозии.

Целью данной работы является выбор средства определения водородного показателя грунтов для применения в системе мобильного коррозионного мониторинга.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выбор наиболее перспективного метода определения рН;
2. Исследование зависимости рН от различных параметров;

3. Исследование достоверности работы электродов,
определение их погрешностей;

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1. Коррозия металлов

Коррозия - это разрушение металлов и сплавов в результате их взаимодействия с окружающей средой.

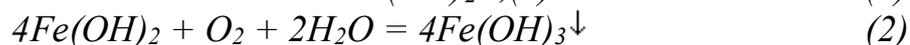
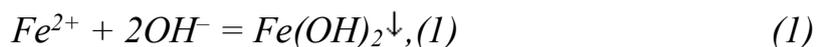
Коррозионная стойкость – это способность металла сопротивляться воздействию окружающей среды.

Коррозионная среда – это среда, в которой протекает коррозия.

Металл при коррозии может частично или полностью разрушаться.

Химические соединения, образующиеся в результате взаимодействия металла и коррозионной среды, называют продуктами коррозии. Продукты коррозии могут оставаться на поверхности металла в виде оксидных пленок, окалина или ржавчины [1].

Рассмотрим процесс коррозии на примере ржавления железа(1,2):



Продуктом коррозии железа является $Fe(OH)_3$ – порошок красного цвета (ржавчина).

Различают внутренние и внешние факторы коррозии. Внутренние факторы характеризуют влияние на вид и скорость коррозии природы металла (состав, структура и т.д.). Внешние факторы определяют условия протекания коррозии (температура, давление и т.д.).

По механизму процесса различают следующие виды коррозии:

1. химическая коррозия – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором одновременно протекают реакции окисления металла и восстановления коррозионной среды;

2. электрохимическая коррозия – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление коррозионной среды протекают не одновременно;

3. биохимическая коррозия, протекающая под влиянием жизнедеятельности организмов;

4. радиационная коррозия, протекающая под действием радиоактивного излучения;

По характеру изменения поверхности металла либо по степени изменения физико-химических свойств коррозию подразделяют на несколько видов:

1. сплошная коррозия – разрушению подвергается вся поверхность металла (рис. 1а, б). Если разрушение протекает с одинаковой скоростью по всей поверхности – коррозия сплошная равномерная. Коррозия неравномерная, если скорость разрушения металла на различных участках не одинакова;

2. локальная коррозия – на поверхности металла обнаруживаются поражения в виде отдельных пятен – поражений, не сильно углубленных в толщину металла (рис. 1в), язв-поражений, сильно углубленных в толщину металла (рис. 1г), точек, иногда еле заметных глазу, но глубоко проникающих в металл (рис. 1д);

3. подповерхностная коррозия – разрушение идет преимущественно под поверхностным покрытием, продукты коррозии сосредотачиваются внутри металла, возможно вспучивание и расслоение металла (рис. 1е);

4. избирательная коррозия – разрушается один из компонентов сплава, а остальные практически остаются без изменений (рис. 1ж);

5. межкристаллитная коррозия – разрушение металла по границе кристаллов (зерен) с потерей его механической прочности. Внешний вид металла не меняется, но он легко разрушается на отдельные кристаллы (рис. 1з);

6. щелевая коррозия – разрушение металла под прокладками в зазорах, резьбовых креплениях и др. соединениях;

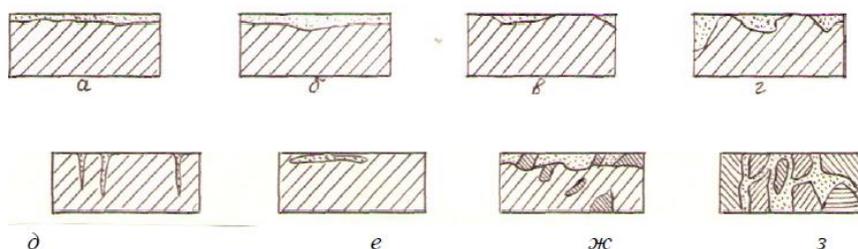


Рис.1 Виды коррозии: а – сплошная равномерная, б – сплошная неравномерная, в – пятнами, г-язвами, д – точками, е – подповерхностная, ж – избирательная, з – межкристаллитная

По виду коррозионной среды различают следующие виды коррозии:

1. газовая;
2. морская;
3. в жидкостях не являющихся электролитами;
4. атмосферная;
5. почвенная;
6. блуждающими токами – электрокоррозия[2];

Основные условия возникновения коррозии:

1. наличие двух разнородных металлов или участков одного того же металла с различными значениями потенциала;

2. контакт обоих металлов или обоих участков металла с общим электролитом;
3. металлическое соединение этих отдельных участков металла между собой;
4. наличие диссоциированных ионов в электролите;

2. Коррозия в различных средах

2.1 Атмосферная коррозия

Атмосферная коррозия – это коррозия сооружений и оборудования, эксплуатируемых в земной атмосфере. По агрессивности атмосферы подразделяются на основные типы: морскую, промышленную, арктическую, тропическую, сельскую и городскую. Скорость коррозии в атмосфере ниже, чем в почве или морской воде и зависит от природы металла, влажности, загрязненности атмосферы.

Атмосферную коррозию принято разделять на сухую, влажную и мокрую. Сухая атмосферная коррозия наблюдается, если на поверхности металла отсутствуют пленки влаги. Относительная влажность воздуха составляет 60% и меньше. Образующиеся на поверхности оксидные пленки обладают защитными свойствами и тормозят развитие коррозионных разрушений. Коррозия осуществляется по химическому механизму и ее скорость невелика. Влажная коррозия наблюдается при наличии тонкой пленки влаги на поверхности металла. Относительная влажность воздуха составляет около 60% - 70%. Мокрая атмосферная коррозия протекает, если относительная влажность воздуха достигает 100%. Влага на поверхности металла собирается в виде больших капель, либо при воздействии дождя или тумана.

Факторы, влияющие на агрессивность атмосферы:

1. загрязнение атмосферы газами и наличие влаги на поверхности конструкций резко увеличивает коррозию. В не запылённом воздухе конструкции в меньшей степени подвергаются коррозии, чем в воздухе, загрязненном пылью;

2. присутствие SO_2 , SO_3 , HCl , H_2S , Cl_2 , NH_3 и других соединений значительно увеличивает скорость коррозии;

3. с повышением температуры окружающей среды процесс атмосферной коррозии замедляется в связи с тем, что с поверхности металла испаряется влага и уменьшается абсолютная влажность воздуха [3];

2.2 Коррозия в морской воде

Морская коррозия металлов протекает по электрохимическому механизму преимущественно с кислородной деполяризацией. Особенности морской коррозии металлов являются: большая агрессивность морской среды и морской атмосферы, наличие дополнительного влияния механического фактора (эрозии и кавитации), сильное проявление контактной коррозии металлов, значительное влияние биологического фактора (обрастание подводной части металлических конструкций морскими растительными или животными организмами).

Для разрушения металлов в морской воде характерно наличие на поверхности металлов глубоких коррозионных поражений - язвин.

Влияние различных факторов на морскую коррозию металлов:

1. общая соленость морской воды, которая колеблется от 1 до 4%, мало влияет на скорость коррозии;

2. движение морской воды влияет на скорость диффузии кислорода, что приводит к росту скорости коррозии металлов до некоторого предела с увеличением скорости движения воды;

3. коррозия вблизи ватерлинии часто бывает усиленной, что обусловлено облегченным доступом кислорода к поверхности металла, ухудшением условий для возникновения и сохранения защитных пленок на металле при периодическом смачивании и энергичном коррозионном воздействии брызг морской воды;

4. зазоры и щели оказывает весьма неблагоприятное действие на сохранность стальной конструкции, так как в них вследствие плохой аэрации усиленно протекает анодный процесс растворения металла;

Второстепенные составляющие морской воды могут иметь довольно существенное значение. Кремнекислые соединения и углекислый кальций дают осадки на металле, которые могут оказывать защитное действие. Йод и бром даже при весьма малом их содержании в морской воде могут играть роль дополнительных катодных деполяризаторов и ускорять коррозию металлов. Сероводород в придонной области может оказывать вредное влияние на коррозионную стойкость металлов, подкисляя, морскую воду и связывая ионы металлов в труднорастворимые сульфиды, т.е. облегчая протекание катодного и анодного электродных процессов электрохимической коррозии [4].

2.3 Почвенная коррозия

Агрессивность грунта определяется: пористостью (аэрацией), электропроводимостью или сопротивлением, наличием растворенных солей, влажностью, кислотностью или щелочностью.

Вода в грунте присутствует в связанном, капиллярном и гравитационном виде. Связанная вода, входящая в состав гидратированных химических соединений, не оказывает влияния на коррозию. Высота подъема капиллярной влаги зависит от эффективного радиуса пор грунта. Уровень грунтовых вод и пористость грунта определяют влажность, которая влияет на скорость коррозии. Гравитационная влага перемещается по грунту под действием силы тяжести и влияет на режим влажности почвы. Разные почвы по-разному удерживают влагу. С увеличением влажности почвы ее коррозионная активность возрастает до тех пор, пока не достигнет некоторого критического уровня. В дальнейшем с увеличением влажности ее активность падает, это связано с уменьшением доступа кислорода. Для каждого вида почвы существует свое значение критической влажности, при которой коррозионные потери достигают максимального уровня. Кислые почвы со значением $pH = 3,0 - 6,0$ отличаются высокой агрессивностью. Минералогический состав грунтов влияет на омическое сопротивление. В сухом песчано - глинистом удельное сопротивление почвы составляет $240000 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, а во влажном грунте – $900 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. В таблице 1 приведены данные, характеризующие взаимосвязь электросопротивлением и агрессивностью почвы.

Табл. 1 - Зависимость коррозионной агрессивности грунта от удельного сопротивления почвы

Удельное сопротивление, Ом·см	<500	500-1000	1000-2000	2000-10000	>10000
Агрессивность грунта	Особо высокая	Высокая	Повышенная	Средняя	Низкая

Большое значение имеет воздухопроницаемость почвы. Затруднение доступа кислорода снижает скорость коррозии. По этой причине песчаные почвы часто более агрессивны, чем глинистые.

2.4 Коррозия блуждающих токов

Блуждающими токами называют токи утечки из электрических цепей и любые токи, попадающие в землю от внешних источников. Основным источником блуждающих токов являются железнодорожные магистрали, работающие на постоянном токе. В случае если рельсы уложены с зазорами, стыки обладают высоким сопротивлением, железнодорожный путь характеризуется высоким продольным сопротивлением. Если есть дефекты в изоляции рельсов от земли, например, при некачественной укладке шпал, путь обладает низким переходным сопротивлением. И то, и другое способствует стеканию тока с рельсов в грунт. Попавший таким образом в грунт ток рассматривается как блуждающий. Носителями электрического тока в самом грунте являются ионы почвенного электролита. Протекая по грунту, ток проходит по участкам с наименьшим сопротивлением. Таким участком может для него явиться участок трубопровода с нарушенной изоляцией. Протекание электрического тока по

трубопроводу приводит к возникновению в нем гальванического элемента, анодные участки которого растворяются очень активно.

Скорость коррозии металла под действием блуждающих токов не зависит от возможности поступления кислорода к разрушающему участку. Она определяется только плотностью тока коррозии.

Чем меньше площадь дефекта в изоляции, тем больше скорость коррозии под действием блуждающих токов. Установлено, что наибольшую опасность представляют дефекты в изоляции с диаметром от 10 до 100 мм. Дефекты диаметром менее 1 мм интенсивности развиваются только на начальной стадии. В дальнейшем они забиваются продуктами коррозии и их рост сильно тормозится в течение первого года [5].

3. Почва и ее характеристики

3.1 Строение почвенного профиля

Горизонт A_0 – самая верхняя часть почвенного профиля – лесная подстилка или степной войлок, представляющая собой опад растений различных стадиях разложения – от свежего до полностью разложившегося.

Горизонт A – гумусовый, наиболее темноокрашенный в почвенном профиле, в котором происходит накопление органического вещества в форме гумуса, тесно связанного с минеральной частью почвы. Цвет этого горизонта варьируется от черного, бурого, коричневого до светло-серого. Мощность горизонта колеблется от нескольких сантиметров до 1,5 метров и более.

Горизонт A_1 – минеральный гумусово – аккумулятивный, содержащий наибольшее количество органического вещества.

Горизонт A_2 – подзолистый или осолоделый, элювиальный, формирующийся под влиянием кислотного или щелочного разрушения минеральной части. Это сильно осветленный, бесструктурный или слоеватый рыхлый горизонт, обедненный гумусом и другими соединениями, а также илистыми частицами за счет вымывания их в нижележащие слои относительно обогащенный остаточным кремнеземом.

Горизонт $A_{п}$ или $A_{пах}$ – пахотный, измененный продолжительной обработкой, сформированный из различных почвенных горизонтов на глубину вспашки.

Горизонт В – располагающийся под элювиальным горизонтом. Это бурый, охристо – бурый, красновато – бурый, уплотненный и утяжеленный, хорошо оструктуренный горизонт, характеризующийся накоплением глины, окислов железа, алюминия и других коллоидных веществ за счет вымывания их из вышележащих горизонтов.

Горизонт B_k – горизонт максимальной аккумуляции карбонатов, обычно располагается в средней или нижней части профиля и характеризуется видимыми вторичными выделениями карбонатов в виде налетов, прожилок и т.д.

Горизонт G – глеевый, характерен для почв с постоянно избыточным увлажнением, которое вызывает восстановительные процессы в почве и придает горизонту характерные черты – сизую, серовато-голубую или грязно – зеленую окраску, наличие ржавых и охристых пятен, вязкость и т.д.

Горизонт С – материнская (почвообразующая) горная порода, из которой сформировалась данная почва.

Горизонт Д – подстилающая горная порода, залегающая ниже материнской и отличающаяся от нее по своим свойствам.

3.2 Механический состав почвы

Механический состав является очень важным свойством почвы, по которому изучаемая почва относится к той или иной разновидности. От механического состава почвы зависят почти физические и физико-химические свойства почвы: влагоемкость, водопроницаемость и др.

Существует сухой и мокрый способ приблизительного определения механического состава в поле. Показатели мокрого способа определения механического состава приведены в таблице 2

Глинистые почвы в сухом состоянии с большим трудом растираются между пальцами, но в растертом состоянии ощущается однородный тонкий порошок. Во влажном состоянии эти почвы сильно мажутся, хорошо скатываются в длинный шнур, из которого легко можно сделать кольцо.

Суглинистые почвы при растирании в сухом состоянии дают тонкий порошок, в котором прощупывается некоторое количество песчаных частиц. Во влажном состоянии раскатывается в шнур, который разламывается при сгибании в кольцо. Легкий суглинок не дает кольца, а шнур растрескивается и дробится при раскатывании. Тяжелый суглинок дает кольцо с трещинами.

Супесчаные почвы легко растираются между пальцами. В растертом состоянии явно преобладают песчаные частицы, заметные даже на глаз. Во влажном состоянии образуются только зачатки шнура.

Песчаные почвы состоят только из песчаных зерен с небольшой примесью пылеватых и глинистых частиц. Почва бесструктурная, не обладает связностью.

Табл. 2 - Мокрый способ определения механического состава почв в поле

Механический состав	Вид образца в плане после раскатывания
Шнур не образуется - песок	
Зачатки шнура - супесь	
Шнур дробится при раскатывании – легкий суглинок	
Шнур сплошной, кольцо при свертывании распадается – средний суглинок	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами – тяжелый суглинок	
Шнур сплошной, кольцо цельное - глина	

3.3 Структура почвы

Под структурностью почвы подразумевают ее способность естественно распадаться на структурные отдельности и агрегаты, состоящие из склеенных перегноем и иловатыми частицами механических элементов почвы. Форма структурных отдельностей зависит от свойств самой почвы.

Классификация структурных отдельностей С.А. Захарова представлена на рисунке. 2.

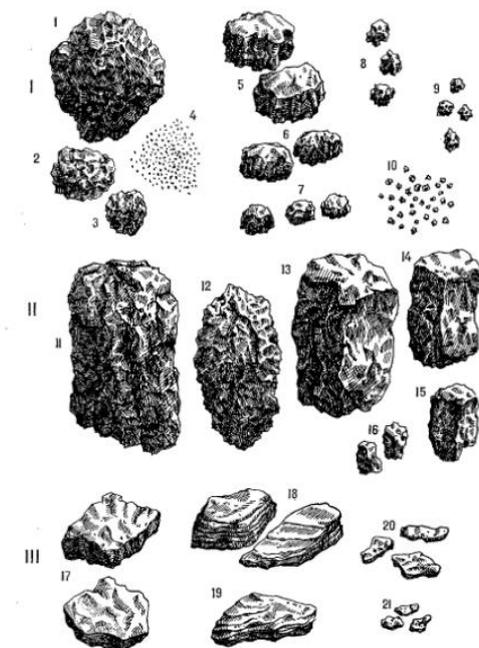


Рис. 2 Типичные структурные элементы почв:

1 тип: 1)крупнокомковатая, 2)среднекомковатая, 3)мелкокомковатая, 4)пылеватая, 5)крупноореховатая, 6)ореховатая, 7)мелкоореховатая, 8)крупнозернистая, 9)зернистая, 10)порошистая.

2 тип: 11)столбчатая, 12)столбовидная, 13)крупнопризматическая, 14)призматическая, 15)мелкопризматическая, 16)тонкопризматическая.

3 тип: 17)сланцевая, 18)пластинчатая, 19)листовая, 20)грубочешуйчатая, 21)мелкочешуйчатая.

В поле, у разреза, определяют структуру следующим образом. На передней стенке из исследуемого горизонта ножом вырезается небольшой образец грунта и подбрасывается несколько раз на ладони (или лопате) до тех пор, пока он не распадется на структурные отдельности. Рассматривая эти структурные элементы, определяют степень их однородности, размер, форму, характер поверхности.

3.4 Основные характеристики состава и свойств почв

Каждая почва состоит из органических, минеральных и органо–минеральных комплексных соединений. Источником минеральных соединений в почвах являются почвообразующие породы. Минеральное

вещество составляет 80-90% всего веса почвы. Органические соединения почвы формируются в результате жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов.

Растительные и животные и остатки, попадая в почву, претерпевают сложные изменения. Часть их полностью распадается до углекислоты, воды и простых солей (процесс минерализации). Другая часть преобразуется в сложные новые специфические органические вещества самой почвы – гумусовые вещества (процесс гумификации). Совокупность специфических и не специфических органических веществ почвы, растительных и животных остатков разной степени разложения, кроме тех, которые еще не утратили тканевого строения, получила название гумуса или перегноя.

Почвенные горизонты обычно характеризуются содержанием гумуса в процентах. Перегнойные и торфяные горизонты характеризуются потерей при прокаливании. Потеря при прокаливании – убыль в весе почвы при нагревании ее до 450-500°C при свободном доступе воздуха за счет потери воды и органических веществ – выражается в процентах.

Следующей важной характеристикой является степень кислотности почвы. Она определяется в суспензиях, полученных при взбалтывании почв с водой, выражается в единицах рН. По величине степени кислотности различают кислые, нейтральные и щелочные почвы.

Одной из важнейших сторон почвообразования является образование почвенных коллоидов и формирование почвенного поглощающего комплекса, способного удерживать катионы кальция, магния, натрия, калия, аммония, алюминия, железа и водорода.

Общее количество поглощенных оснований Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^- , называют суммой поглощенных оснований. Эту величину выражают в миллиграмм – эквивалентах на 100 г почвы. Суммарное количество всех обменных катионов называют емкостью поглощения или емкостью обмена и также выражается в миллиграмм – эквивалентах на 100 г почвы.

Наличие в составе поглощенных катионов водорода и алюминия обуславливает гидролитическую кислотность почв, величина выражается в мг – экв на 100 г почвы. Отношение суммы поглощенных оснований к величине суммы поглощенных оснований плюс гидролитическая кислотность, выраженное в процентах, называют насыщенностью.

По количеству подвижных (доступных для питания растений) соединений азота, фосфора, калия оценивают естественное плодородие почв.

Степень засоления почв определяется в лабораторных условиях путем анализа водной вытяжки. Для ее получения навеску почвы заливают определенным количеством специально очищенной воды и взбалтывают - легкорастворимые соли переходят в раствор. В полученном растворе определяют общее содержание солей по величине плотного остатка и состав солей.

Аэрация почвы в большой степени зависит от поступления воздуха из атмосферы в поры почвы. Приток воздуха определяется порозностью почвы, т.е. объемом пор, заполненных почвенным воздухом (или почвенным раствором).

Водопроницаемость – это способность почвы впитывать и пропускать через себя воду. По скорости впитывания воды различают почвы хорошо-, средне- и слабопроницаемые.

Количество воды, характеризующее водоудерживающую способность почвы, называют влагоемкостью.

4. Методы защиты от коррозии

Методы защиты от коррозии подразделяются на пассивные и активные.

Пассивные методы защиты заключаются в создании непроницаемого барьера между металлом и грунтом с помощью защитных покрытий.

Активные методы защиты, осуществляется с помощью катодной поляризации и основаны на снижении скорости растворения металла по мере смещения его потенциала в отрицательную сторону.

4.1 Пассивные методы защиты от коррозии

В процессе строительства на трубопроводы наносят изоляционные покрытия, как правило, на битумной и полимерной основе.

Битум – тяжелый остаток вакуумной перегонки нефти, в его состав входят наиболее высокомолекулярные органические соединения, присутствующие в нефти.

Полимеры – это органические соединения, состоящие из двух и более низкомолекулярных звеньев одинакового строения с ковалентной связью. В качестве конструкционных материалов и изоляционных покрытий используют синтетические высокомолекулярные полимеры,

т.е. полученные искусственным путем с молярной массой более 500 г/моль.

Покрывтия должны быть технологичными и обладать изначально высокими защитными свойствами. В связи с этим к покрывтиям трубопроводов предъявляются жесткие требования.

Изоляционные покрывтия, применяемые для защиты трубопроводов от коррозии должны отвечать следующим требованиям:

1. иметь 100% сплошность, т.е. не иметь отверстий и трещин, обладать равномерностью изолирующего слоя по всей поверхности;
2. иметь хорошую адгезию с трубой, чтобы исключать перемещение почвенного электролита по поверхности трубы при местном нарушении целостности защитного покрывтия;
3. обладать высокими диэлектрическими свойствами, т.е. иметь достаточно высокое электрическое сопротивление, обеспечивающее снижение до минимума или полное исключение действия блуждающих токов;
4. обладать высокой механической прочностью и эластичностью, сохраняющейся при хранении, транспортировке, в процессе эксплуатации, не подвергаться продавливанию при воздействии грунта, быть устойчивым к истиранию;
5. не вступать в химическое взаимодействие с металлом трубы и почвенным электролитом;
6. обладать влаго-кислородонепроницаемостью;
7. не разрушаться и не терять защитных свойств под воздействием длительной катодной поляризации;

8. состоять из материалов, устойчивых к термическому старению и способных обеспечить защиту трубопроводов от коррозии в течение всего срока эксплуатации трубопроводов[6];

Металлические защитные покрытия По назначению подразделяются на защитные, защитно-декоративные, декоративные и специальные. Защитные покрытия предназначены для предохранения поверхности деталей от коррозии. Защитно-декоративные покрытия не только обеспечивают защиту от коррозии, но и придают поверхности декоративный внешний вид. Специальные покрытия придают поверхности определенные свойства (износостойкость, твердость, электропроводность и т.д.)

Металлические защитные покрытия по полярности относительно защищаемого металла делятся на катодные и анодные. Катодные покрытия относительно металла основы имеют в данной агрессивной среде более положительный электродный потенциал. Анодные покрытия – более отрицательный электродный потенциал.

Катодные покрытия защищают металл только механически, так как при частичном разрушении покрытия оголенные участки поверхности металла начинают разрушаться. Анодные покрытия защищают металл изделия не только механически, но и электрохимически. В образовавшемся гальваническом элементе металл покрытия становится анодом и подвергается коррозии, а обнаженные участки основного металла выполняют роль катодов и не разрушаются, пока сохраняется электрический контакт покрытия с защищаемым металлом и через систему проходит достаточный ток.

Применение лакокрасочных покрытий является наиболее распространённым способом защиты от коррозии, так как они обладают

рядом преимуществ по сравнению с другими видами покрытий: относительно простой технологией нанесения, возможностью получения покрытий любого цвета, сравнительно низкой стоимостью. К недостаткам лакокрасочных покрытий следует отнести их низкую термостойкость, невысокую механическую прочность, недостаточную стойкость в водной среде.

Лакокрасочные материалы подразделяются на лаки, краски и эмали. В состав лакокрасочных материалов входят органические пленкообразующие вещества и пигменты. Лаки – коллоидные растворы масел, смол, эфиров, целлюлозы в органических растворителях. Краски представляют собой суспензию минеральных пигментов в органических связующих пленкообразователях. Эмульсионные краски – это однородные системы двух несмешивающихся жидкостей, из которых одна находится в другой в виде мельчайших капель.

Защитное действие лакокрасочного покрытия обусловлено механической изоляцией поверхности металла от внешней среды, ингибирующим действием пигментов и высоким сопротивлением пленки к перемещению ионов.

Механическая изоляция достигается при отсутствии пор в лакокрасочном покрытии. Все краски частично проницаемы по отношению к воде и кислороду. При старении покрытие изоляции обычно ухудшается, появляются микротрещины поры, что сильно снижает защитные свойства лакокрасочных покрытий. Для повышения механической изоляции поверхности от внешней среды металлическое изделие вначале покрывают слоем грунта, а затем несколькими слоями краски. В этом случае происходит закупорка пор и микротрещин, и покрытие становится практически непроницаемым.

Защитные свойства лакокрасочных материалов в значительной степени зависят от вида применяемого пигмента. Пигмент повышает прочность, придает цвет пленке, служит эффективным ингибитором коррозии.

На подготовленную поверхность изделия наносится первый слой покрытия, который называется грунтом. Грунт обеспечивает прочную адгезию с металлической основой и последующими слоями краски. Повышение защитных свойств грунтов достигается введением в их состав пигментов – замедлителей коррозии и применением пленкообразующих веществ, обладающих высокой водостойкостью и низкой газопроницаемостью [8].

Оксидирование черных металлов нашло широкое применение в промышленности для защиты от атмосферной коррозии. Химическое оксидирование металлов (стали, алюминия, магния, никеля) применяют для получения оксидных пленок толщиной 1 – 5 мкм на сложнопрофилированных деталях. Такие пленки применяются в качестве подслоя под лакокрасочные покрытия и в декоративных целях.

Оксидирование изделия осуществляется следующими способами:

1. Термический способ оксидирования. Стальное изделие смазывают асфальтным или битумным лаком и выдерживают в печи при температуре 350 - 450°С до образования черной пленки, состоящей из Fe_3O_4 . Охлаждение изделия производят в минеральном масле.

2. Паротермический способ оксидирования. Стальное изделие выдерживают в перегретом водяном паре при температуре 600°С, при этом также получается защитная пленка, состоящая из Fe_3O_4 , но

обладающая лучшими защитными свойствами, чем полученная по термическому способу.

3. Химическое оксидирование стальных изделий можно провести в растворе, содержащем: H_3PO_4 – 10 г/л; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 100 г/л; MnO_2 – 20 г/л. Процесс оксидирования протекает при температуре 80 – 100°C в течении 30-45 минут. Химическое оксидирование цинковых и алюминиевых изделий осуществляется в том же растворе только без оксида марганца.

Анодирование изделий из алюминия и магния проводят в электролизерах со свинцовыми или графитовыми катодами. При анодировании алюминиевых деталей на их поверхности протекает анодная реакция образования пленки оксида алюминия. Оксидные пленки на изделиях из алюминия имеют высокую пористость, поэтому для усиления ее защитных свойств анодированное изделие обрабатывают в горячем растворе дихромата калия. Поры в оксидной пленке закрываются оксихроматом и оксидихроматом алюминия.

Фосфотирование – это процесс получения на поверхности стали пленки фосфорнокислой соли железа и марганца. Толщина пленки, в зависимости от условий ее получения, колеблется от 5 до 15 мкм. Цвет черный или светло-серый. Фосфатная пленка обладает высокими диэлектрическими свойствами, устойчива в керосине, смазочных маслах, жаростойка, морозостойка.

В растворе и на поверхности изделия протекают следующие реакции:

1. диссоциация дигидроортофосфатов марганца и железа с образованием ионов Mn^{2+} , Fe^{2+} , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , H^+ ;
2. катодное восстановление ионов гидроксония до водорода;

3. анодное растворение железа: $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$;
4. взаимодействие катионов Fe^{2+} и Mn^{2+} с анионами HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} с образованием нерастворимых соединений FeHPO_4 , $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, MnHPO_4 , $\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2$.

Для ускорения процесса фосфотирования в раствор вводят CuO . После того, как поверхность фосфотируемого изделия полностью покрывается нерастворимой пленкой соединения железа и марганца, выделение водорода прекращается. Изделие извлекают из ванны и промывают в проточной воде.

Вследствие пористости фосфатных пленок их защитное действие недостаточно, поэтому они, в основном, используются как грунт по окраску.

Для повышения защитных свойств фосфатной пленки ее обрабатывают пассивирующим хроматным раствором при температуре $70 - 80^\circ\text{C}$ в течение $10 - 15$ с или пропитывают смазочными маслами при температуре $100 - 120^\circ\text{C}$ [9].

Замедлителями, или ингибиторами, коррозии называют вещества, введение небольших количеств которых в коррозионную среду значительно снижает скорость коррозии.

По условиям, в которых они применяются, их можно разделить на ингибиторы для растворов и летучие ингибиторы, дающие защитный эффект в условиях атмосферной коррозии. Так как эффективность действия ингибитора зависит от pH среды, то ингибиторы подразделяются на кислотные, щелочные и ингибиторы для нейтральных сред. В зависимости от механизма своего действия на процесс электрохимической коррозии выделяют анодные и катодные ингибиторы. Механизм действия большинства ингибиторов

заключается в адсорбции ингибитора на корродирующей поверхности с последующим торможением катодных и анодных процессов.

Анодные ингибиторы коррозии большей частью обладают пассивирующими свойствами. Принцип торможения коррозии анодными замедлителями сводится к снижению скорости перехода ионов металла в раствор или к уменьшению площади анодных участков коррозионного элемента за счет их образовавшимся растворимыми пленками. Такие окислители, как хроматы и бихроматы, сильно пассивируют железо, медь, цинк, алюминий. Нитрит натрия значительно уменьшает скорость коррозии стали в растворах ряда солей, а также в морской воде.

Катодные замедлители уменьшают скорость электрохимической коррозии за счет снижения интенсивности катодного процесса или сокращения площади катодных участков. Торможение катодного процесса основано на снижении содержания кислорода в растворе электролита с целью уменьшения скорости коррозии металла с кислородной деполяризацией, или на затруднение протекания катодного процесса. Катодные замедлители коррозии совершенно безопасны, так как они никогда не приводят к увеличению скорости коррозии.

Выделяют следующие виды катодных ингибиторов:

1. катодные замедлители – поглотители кислорода. Их действие основано на уменьшении содержания кислорода в растворе, и, следовательно, снижение скорости коррозии с кислородной деполяризацией. К ним относятся сульфит натрия, гидразин и т.д;

2. катодные замедлители, повышающие перенапряжение выделения водорода при катодной реакции. Торможение катодной

реакции восстановления водорода достигается путем повышения перенапряжения выделения водорода при добавлении в раствор солей некоторых тяжелых металлов (соли висмута, сурьмы);

3. катодные замедлители, экранирующие площадь катодных участков. Сокращение площади катодных достигается образованием нерастворимых соединений в виде изолирующего защитного слоя. По отношению к железу такими замедлителями являются бикарбонат кальция, сульфат цинка, хлорид бария [10];

4.2 Активные методы защиты от коррозии

К активным методам защиты относится электрохимическая защита металлов от коррозии. Электрохимическая защита основана на уменьшении скорости коррозии металлических конструкций путем их катодной или анодной поляризации.

Для катодной защиты необходим источник постоянного тока и вспомогательный электрод, обычно железный или графитовый, расположенный на некотором расстоянии от защищаемого объекта. Положительный полюс источника постоянного тока подключают к вспомогательному электроду, а отрицательный к защищаемому сооружению. Таким образом, ток протекает от электрода через электролит к объекту. Значение приложенного напряжения точно не определено, оно должно быть достаточным для создания необходимой плотности тока на всех участках защищаемого сооружения. В грунтах, обладающих высоким сопротивлением, приложенное напряжение должно быть выше, чем в средах с низким сопротивлением. Напряжение приходится повышать, когда необходимо защитить как можно больший участок трубопровода с помощью одного анода. Источником тока обычно служит выпрямитель, обеспечивающий

низковольтный постоянный ток в несколько ампер. Схема подсоединения анода к защищаемому подземному трубопроводу представлена на рисунке 3.

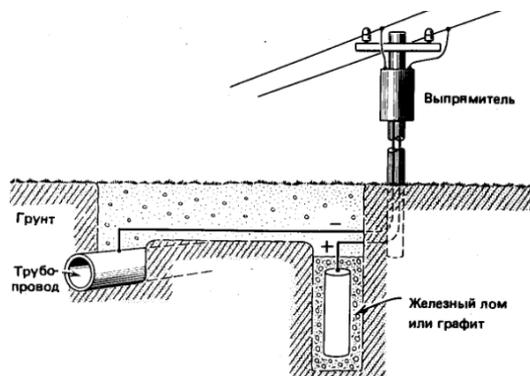


Рис. 3 Схема катодной защиты трубы с использованием вспомогательного электрода и выпрямителя

Протекторная защита является одной из разновидностей катодной защиты. Ее существенной особенностью является отсутствие в защитной системе специального источника постоянного тока. Необходимый для осуществления защиты ток получается путем создания большого гальванического элемента, в котором роль катода играет металл защищаемого сооружения, а роль анода выполняет более электроотрицательный металл, чем защищаемый. Механизм действия протекторной защиты заключается в превращение поверхности защищаемой конструкции в один неразрушающийся катод. Протекторы со временем изнашиваются, происходит анодное растворение, защищая при этом конструкцию.

Протекторную защиту применяют совместно с лакокрасочными покрытиями, что позволяет снизить расход протекторов и увеличить срок службы, обеспечить более равномерное распределение тока по защищаемой поверхности, компенсировать дефекты покрытия.

Основная масса конструкций изготавливается из стали, так как в качестве протектора используются металлы с более отрицательным

электродным потенциалом, то выделяют 3 основных металла – цинк, алюминий и магний. Использовать чистые металлы в качестве протекторов не целесообразно. Например, чистый цинк растворяется неравномерно, алюминий покрывается плотной оксидной пленкой, а магний имеет высокую скорость собственной коррозии. Для придания протекторам требуемых эксплуатационных свойств в их состав вводят легирующие элементы.

Магниевые протекторы обладают высоким рабочим потенциалом, вследствие чего происходит быстрый износ протекторов. Также они являются крайне взрывопожароопасными.

Протекторы из цинкового сплава полностью взрывопожаробезопасны, кроме того, при их анодном растворении не образуются продукты, загрязняющие рабочую среду.

Алюминиевые протекторы предназначены для защиты днищ резервуаров, подверженных накоплению песчано – парафиновых отложений. Браслетные протекторы позволяют защитить сварные стыковые соединения промышленных трубопроводов, которые наиболее уязвимы для коррозии[11].

Анодная защита основана на том, что при определенных значениях отрицательного потенциала защищаемой конструкции скорость растворения металла в момент включения анодной станции резко возрастает, а продукты окисления металла образуют сплошную защитную пленку, перекрывающую всю поверхность, контактирующую с коррозионной средой. Катодные и анодные поляризационные кривые пассивирующихся и не пассивирующихся металлов схематически приведены на рисунке 4.

При понижении потенциала и достижении поверхностью металла значения φ_{np} и соответственно плотности тока $i_{кр}$ начинается пассивация металла. При потенциале φ_n металл полностью пассивируется и скорость его растворения соответствует плотности тока i_n . Область оптимальной запассивированности металла находится между потенциалом пассивации φ_n и потенциалом перезащиты φ_{np} , анодная защита заключается в поддержании потенциала металла в этой области. Смещение потенциала к значениям, отрицательнее φ_n , способствует активированию металла и соответствующему увеличению анодного тока и коррозии металла. Смещение потенциала положительнее φ_{np} вызывает перезащиту металла, что приводит к увеличению энергетических затрат и к усилению коррозии в результате перепассивации, отслаивания защитной пленки, питтингообразования [12].

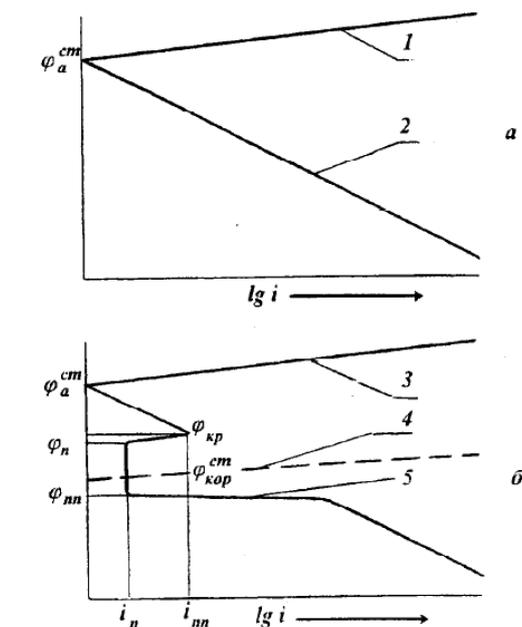


Рис. 4 Катодные и анодные поляризационные кривые:

1, 2 (а) – непассивирующегося металла; 3,5 (б) – пассивирующегося металла; 4 (б) – катодная кривая дополнительного электрода(катода); i – плотности коррозионного тока: i_n – пассивного состояния, $i_{кр}$ – критического состояния; φ – потенциалы металла: $\varphi_a^{ст}$ – стационарный анода, $\varphi_{кр}$ – соответствующий $i_{кр}$, φ_n – начала пассивного состояния, $\varphi_{нп}$ – конца пассивного состояния, $\varphi_{к^{ст}}$ – стационарный дополнительный электрода (катода).

5. Диаграмма Пурбе

Диаграммы Пурбе (диаграммы состояния системы металл – вода) используют для определения границ термодинамической устойчивости соединений. По диаграмме можно сделать вывод о возможности протекания коррозии при определенных условиях и о продуктах коррозии. Эти диаграммы представляют собой графики зависимости обратимых электродных потенциалов (в вольтах) от рН раствора. Диаграмма Пурбе состоит из областей, которые разграничены кривыми равновесия. Точки, расположенные в областях диаграммы, отвечают одной определенной термодинамически устойчивой фазе.

Диаграмму Пурбе на примере железа изображена на рисунке 5.

В области, находящейся в нижней части диаграммы наблюдается металлическая фаза. Здесь железо термодинамически устойчиво и не подвержено коррозии.

В левой части диаграммы, выше горизонтальной линии, металл находится в состоянии Fe^{2+} в растворе. Металлическое железо, находящееся в какой либо точке этой области является термодинамически не устойчивым и будет корродировать с образованием соответствующих ионов.

Выше пунктирной линии *b* располагается область выделения кислорода, а водород образуется в области ниже линии *a*. Область, заключенная между линиями *a* и *b*, является областью устойчивости воды. При потенциалах, лежащих вне этой области вода термодинамически не устойчива. При обратимых потенциалах железа, которые отрицательнее потенциалов, соответствующих линии *b*, термодинамически возможна коррозия с кислородной деполяризацией, а для тех, которые отрицательнее потенциалов, соответствующих линии *a* может идти коррозия с водородной деполяризацией.

Области диаграммы, в которых устойчиво существуют Fe_2O_3 и Fe_3O_4 , иногда называют областями пассивности, исходя из предположения, что на железе при этих значениях *E* и *pH* образуются защитные оксидные пленки [13].

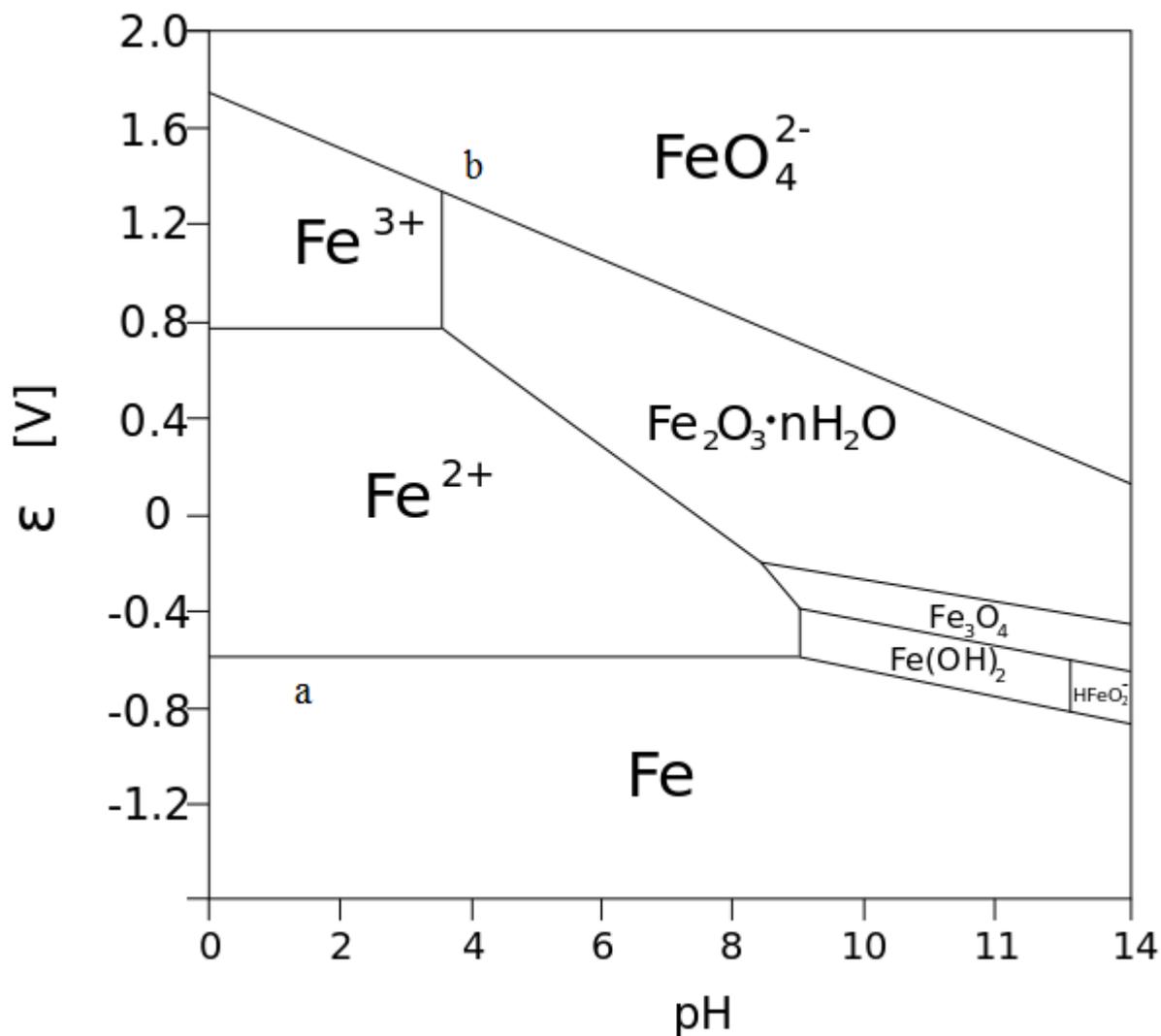


Рис. 5 Диаграмма Пурбе для железа

6. Коррозионный мониторинг

Коррозионный мониторинг – система наблюдения, прогнозирования состояния объекта с целью получения информации о возможных процессах протекания коррозии.

Необходимо проводить диагностику коррозионного состояния объектов, находящихся в эксплуатации с целью выявления коррозионных отказов. Состояние оборудования характеризуют коррозионным эффектом, который определяет стойкость металлов и

покрытий к воздействию агрессивным факторам. Для дистанционного контроля применяют устройства с датчиками, которые производят замеры влажности поверхности металла, рН пленки влаги, других агрессивных компонентов среды.

К методам автоматического контроля процессов коррозии и устройствам для их реализации предъявляют следующие требования:

1. обеспечение достоверных результатов измерений;
2. своевременность обнаружения опасного коррозионного состояния;
3. возможность контроля факторов, влияющих на результат измерений;
4. возможность получения интегральных оценок КЭ;

Эффективность контроля коррозии обеспечивает правильный выбор контролируемых мест. К местам, подлежащим контролю, относятся изгибы и ответвления, изменения сечения труб, а также, тупики, щели и пробки. Контролю подлежат места соединения различных металлов, места находящиеся под напряжением или места, в которых металл подвергается циклическим изменениям температуры или давления.

Устройства для автоматических измерений параметров коррозионных процессов позволяют контролировать процессы коррозии во время эксплуатации, внедрять методы защиты от коррозии воздействием на среду, дозировать ингибиторы коррозии, автоматически регулировать параметры электрохимической защиты[14].

7. Система комплексного коррозионного мониторинга

Система комплексного коррозионного мониторинга основана на непрерывном анализе данных, поступающих с датчиков коррозии и уровня pH в режиме реального времени, которые оказывают влияние на расход химических реагентов антикоррозионной защиты.

Система комплексного коррозионного мониторинга представлена на рисунке 6.



Рис. 6 Структурная схема системы ККМ

К измерительной части относятся датчики коррозии, датчики контроля pH, датчики акустической эмиссии (для контроля за развивающимися дефектами). Вычислительная часть реализуется в модулях сбора АЭ - данных и центральной вычислительной станции. Исполнительная часть включает в себя автоматические регуляторы дозирочных насосов, насосов и форсунок для подачи реагентов.

Функциональная схема системы ККМ для установки приведена на рис. 7. Сигналы датчиков поступают на модули управления, измерения и коммутации или модули сбора данных, с которых после

преобразования в режиме реального времени передаются на центральную вычислительную станцию. Вся поступающая информация накапливается и выводится на монитор (или принтер) в виде значений основных параметров, влияющих на протекание коррозионных процессов и динамично развивающиеся дефекты. В зависимости от показаний датчиков программное обеспечение (ПО) системы ККМ в автоматическом режиме осуществляет регулирование подачи ингибитора (нейтрализатора) через блоки управления дозировочными насосами (ДН).

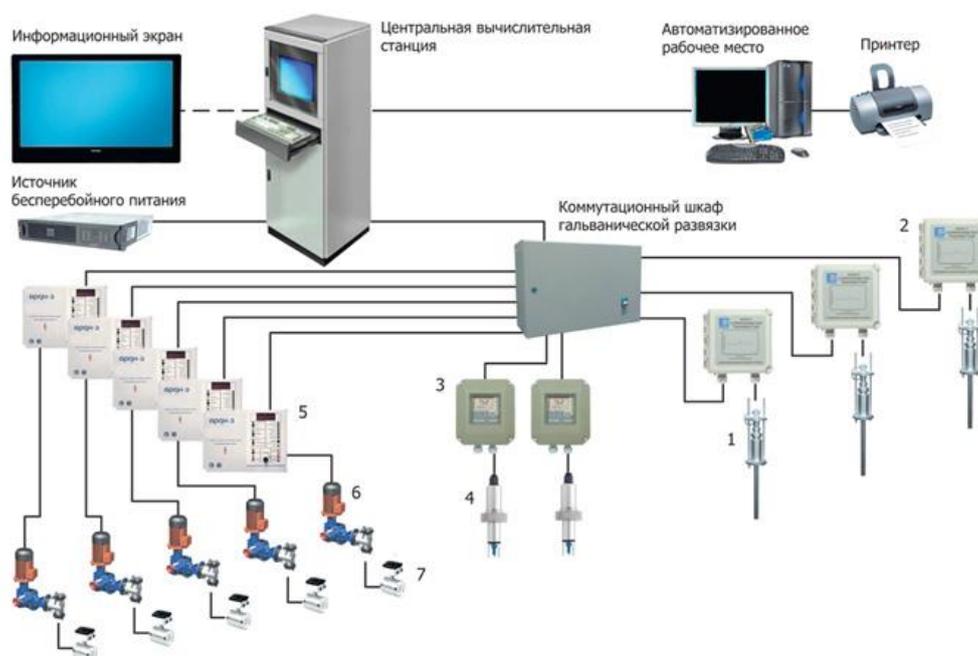


Рис. 7 Структурная схема комплексного коррозионного мониторинга

В структурную схему ККМ входят:

1. датчики коррозии, предназначенные для измерения скорости коррозии методом электрического сопротивления;
2. трансмиттеры, служат для измерения показаний датчика коррозии и их дальнейшей передачи по стандартным интерфейсам;

3. комплексы измерения рН – устройства, предназначенные для контроля технологического процесса;
4. рН сенсоры – устройства, измеряющие уровень рН в водной фазе;
5. автоматические регуляторы дозирования насоса – электронный блок управления дозировочным насосом, позволяющий регулировать подачу химических реагентов антикоррозионной защиты;
6. дозировочные насосы – электрические насосы, обеспечивающие подачу химических реагентов антикоррозионной защиты;
7. расходомеры – устройства, предназначенные для измерения расхода химических реагентов антикоррозионной защиты[17];

8. Мобильный коррозионный мониторинг

Мобильный коррозионный мониторинг начинается с визуального осмотра. Важным фактором является выбор точек осмотра. В первую очередь проверяют участки, которые наиболее сильно подвергаются коррозии:

1. U-образные изгибы, переходы труб разного диаметра, резкое изменение направления и скорости потока;
2. застойные зоны;
3. соединения разнородных металлов;
4. сварные швы, заклепки;

При визуальном обследовании используются различные измерительные приборы, помогающие рассмотреть недоступные участки: кронциркуль, отградуированный щуп, зеркальные стекла, микрометр, лупа и т.д.

После визуального осмотра проводят контроль при помощи аналитических методов, которые позволяют получить информацию об изменении параметров производственной среды, влияющих на интенсивность протекания коррозионного процесса (рН грунтов, концентрация растворимых продуктов коррозии и т.д.).

9. Контролируемые параметры мониторинга

Понятие мониторинга коррозионного состояния подземных стальных трубопроводов представляет собой систему наблюдений, диагностирования и прогнозирования их коррозионного состояния с целью своевременного выявления изменений, их оценки, предотвращения последствий коррозии и их ликвидации. Для обоснованного прогнозирования коррозионного состояния трубопроводов необходимо учитывать множество параметров.

Выделяют следующие параметры мониторинга:

1. скорость коррозии;
2. уровень (масса) ингибитора в емкости дозирующего устройства;
3. количество подаваемого ингибитора;
4. давление и температура;
5. производительность трубопровода;
6. скорость и гидродинамический режим потока;
7. рН;
8. уровень напряжений в стенках трубопровода;
9. степень анаэробности грунта;
10. удельное электрическое сопротивление грунта;

11. ионная сила грунтовой влаги;
12. влажность грунта [34];

10. Водородный показатель

Водородный показатель (рН) – мера активности ионов водорода в растворе, и количественно выражающая его кислотность(3).

$$pH = - \lg [H^+], \quad (3)$$

где: H^+ - концентрация иона водорода, выраженная в молях на m^3 .

Значение водородного показателя изменяется от 0 до 14. При температуре $+25^{\circ}C$ $pH < 7$ для кислых растворов, $pH = 7$ для нейтральных растворов и $pH > 7$ для щелочных растворов. При других температурах значение рН нейтрального раствора сдвигается.

Кислотность почв подразделяется на актуальную и потенциальную.

Актуальная кислотность обуславливается повышенной концентрацией ионов водорода в водной вытяжке. Измеряется при взаимодействии почвы с дистиллированной водой.

Потенциальная кислотность обуславливается наличием водородных ионов и ионов алюминия в почвенном поглощающем комплексе. Определяется путем выделения из ППК поглощенные ионы водорода. Потенциальная кислотность подразделяется на обменную и гидролитическую в зависимости от того, какими солями она определяется.

Обменная кислотность характеризуется наличием в почвенном поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия, которые вытесняются из почвы под действием нейтральных солей.

Гидролитическая кислотность характеризуется количеством ионов водорода, вытесненных из почвы водным раствором солей слабых кислот и сильных щелочей [18].

11. Методы определения рН

11.1 Потенциометрический метод

Потенциометрический метод анализа основан на измерении электродвижущей силы (ЭДС). Измерения проводят в потенциометрической ячейке, состоящей из индикаторного электрода и электрода сравнения, которые помещают в исследуемый раствор (рис. 8).



Рис. 8 Потенциометрический метод определения рН

Индикаторный электрод избирательно реагирует на определенные ионы, его потенциал зависит от содержания этих ионов в растворе. Электрод сравнения должен иметь потенциал, не зависящий от электролита. Наиболее часто используют хлорсеребряный и каломельный электроды. Данные электроды сравнения хорошо изучены и описаны, их стандартные потенциалы и потенциалы при разных концентрациях заполняющего электролита известны с высокой точностью при различных температурах и занесены в таблицу.

Электроды подключают к потенциометру, который измеряет разность потенциалов электродов. Потенциал E между двумя погруженными в электролит электродами описывается уравнением Нернста(4):

$$E = E_0 + \frac{RT}{zF} \cdot \ln\left(\frac{\alpha_{ox}}{\alpha_{red}}\right), \quad (4)$$

где E_0 , В – стандартный потенциал окислительно-восстановительной пары электродов; $R = 8,31$ (Дж/моль) – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; z – число электронов, участвующих в электродных реакциях (одинаковое для обоих электродов); F – постоянная Фарадея; α_{ox} и α_{red} – активности соответственно окисленной и восстановленной форм вещества электролита и электрода, пропорциональные их концентрации.

Потенциометрический метод определения pH обладает высокой точностью и чувствительностью, позволяет проводить измерения в мутных и окрашенных растворах. Одним из недостатков данного метода является невозможность применения для непрерывного контроля [19].

11.2 Колориметрический метод

Колориметрия – это физический метод химического анализа, основанный на определении концентрации вещества по интенсивности окраски растворов (рис. 9).

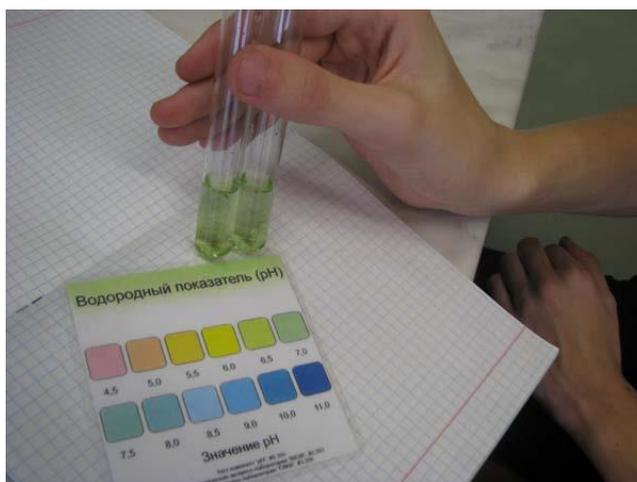


Рис. 9 Колориметрический метод определения pH

Этот метод основан на применении реактивов, меняющих свою окраску в зависимости от концентраций ионов водорода в растворе [20].

Индикаторы можно рассматривать как слабые кислоты или основания, имеющие различную окраску и строение в диссоциированном и недиссоциированном состоянии. В зависимости от того, как окрашены кислотная и щелочная формы индикатора, различают одноцветные и двухцветные индикаторы. У одноцветных индикаторов окрашена только одна форма (щелочная или кислотная), а другая бесцветная; у двухцветных обе формы имеют различные окраски. К одноцветным индикаторам относится фенолфталеин (бесцветный в кислой среде и окрашенный в щелочной), к двухцветным – метилоранж, лакмус, метиловый красный [21].

Для определения pH исследуемого раствора в него добавляют индикатор и сравнивают окраску с окраской, полученной от прибавления этого же индикатора к буферному раствору. Колориметрический метод является простым в применении, но не пригоден для измерения водородного показателя в мутных и подкрашенных растворах.

11.3 Объемный метод

Объемным (титриметрическим) методом анализа называют метод количественного анализа, основанный на точном измерении объема раствора реагента (титранта), вступающего в химическую реакцию с исследуемым веществом. При этом концентрация титранта должна быть точно известна. В качестве титранта можно использовать буферные растворы или кислоты. В процессе титрования к раствору исследуемого вещества небольшими порциями добавляют раствор титранта. По мере его добавления концентрация исследуемого вещества уменьшается, а продуктов реакции – увеличивается. Момент титрования, когда титрант добавлен в количестве эквивалентном исследуемому веществу, называется точкой эквивалентности. Момент завершения реакции фиксируют и по количеству добавленного реагента и его концентрации определяют уровень pH (рис. 10).



Рис. 10 Титриметрический метод определения pH

Количественные определения с помощью объемного метода выполняются очень быстро. Время, требуемое для завершения определения объемным методом, измеряется минутами. Это позволяет без особой затраты труда проводить несколько последовательных и параллельных определений. Данный метод не пригоден для использования в полевых условиях.

Химические реакции, применяемые в титриметрическом методе анализа, должны отвечать следующим требованиям:

1. реакция должна проходить с достаточной скоростью и быть практически необратимой; взаимодействие между исследуемым веществом и титрантом должно происходить стехиометрично, с четким фиксированием конечной точки титрования;

в растворе должны отсутствовать вещества, мешающие ходу основной реакции или фиксированию конечной точки титрования [22];

11.4 Оптический метод

Оптический метод анализа основан на взаимодействии электромагнитного излучения видимой и ультрафиолетовой областей спектра с веществом. Это взаимодействие регистрируется в виде поглощения, отражения или люминесценции. Одним из разделов оптического метода анализа является спектрофотометрия.

Спектрофотометрический метод анализа основан на измерении спектров поглощения. Для регистрации спектров используют спектрофотометры, которые регистрируют изменения длин волн в широком интервале.

Спектрофотометрическое определение рН основано на том, что водородные показатели двух одинаково окрашенных форм равны, при равной концентрации обоих индикаторов и равной температуре растворов. Мерой интенсивности окраски является поглощение протонированной и депротонированной форм индикатора, измеряемое при определенных длинах волн. Основная задача это определение соотношения концентраций окрашенных форм.

Принцип работы спектрофотометров основан на определении степени окраски воды. Он определяет степень окрашенности воды, с

помощью определения уровня отражения и поглощения света. Когда луч света проходит сквозь окрашенную жидкость, тестовое вещество поглощает энергию определенной длины волны, т.о. спектрофотометр вычисляет концентрацию определенного вещества в данной жидкости и отображает полученные значения на дисплее.

Основным достоинством этого метода является отсутствие электрода сравнения, но он обладает рядом недостатков: индикаторы изменяют окраску в пределах 2-3 единиц рН, следовательно, для определения рН в широком интервале необходим набор индикаторов. Спектрофотометрический метод является менее точным по сравнению со стеклянным электродом. Данный метод обладает такими источниками погрешности, как солевая ошибка, белковая ошибка и влияние температуры на окраску индикатора. Если исследуемый раствор обладает буферными свойствами, либо концентрация индикатора высокая, то при добавлении индикатора будет искажать значение рН. Исходя из основных недостатков спектрофотометрического определения рН, следует, что данный метод является менее качественным и эффективным, чем методы, описанные ранее. Спектрофотометры не позволяют проводить измерения в мутных растворах, следовательно, не пригодны для измерения кислотности грунтов.

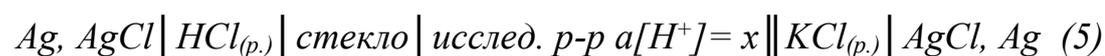
Потенциометрический метод определения водородного показателя является наиболее перспективным. Он обладает высокой точностью и чувствительностью, а также позволяет проводить измерения в мутных и окрашенных растворах.

12. Индикаторные электроды

12.1 Стекланный электрод

Стекланный электрод выполнен в виде стекланный трубки с напаянной на конце мембраной в виде шарика. Шарик заполняется раствором HCl определенной концентрации (рис. 11). Работа стекланный электрода основана на обмене ионами между мембраной и исследуемым раствором [24].

Условная запись гальванической цепи, содержащей стекланный и хлорсеребряный электроды(5):



Внутренний Электрод сравнения Внешний

электрод

электрод

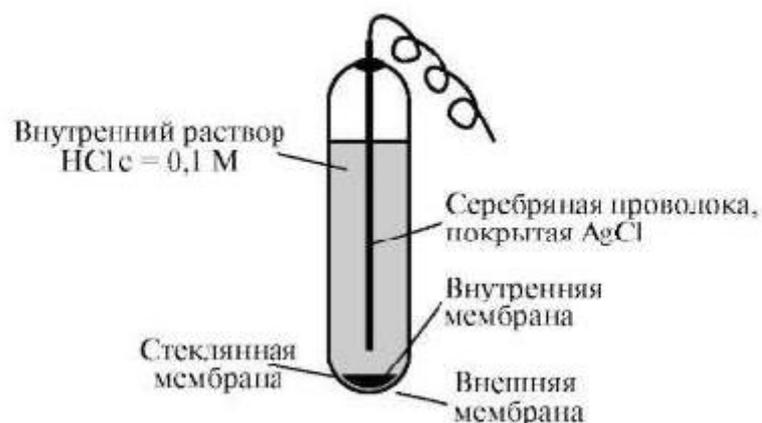


Рис. 11 Устройство стекланный электрода

На точность измерения этого электрода не влияет присутствие газов, окислителей, восстановителей и других агентов. Он очень чувствителен к предварительной обработке. Главными его недостатками являются хрупкость и достаточно долгое установление

равновесного потенциала (около 5 минут). Стекланный электрод обладает напряжением от 10 до 100 Мом, поэтому при работе с ним необходимо использовать потенциометры с высоким входным сопротивлением [25].

12.2 Хингидронный электрод

Хингидронный электрод относится к классу окислительно-восстановительных электродов и представляет собой гладкую платиновую пластинку, погруженную в раствор, насыщенный хингидроном. $C_6H_4O_2 \cdot C_6H_4(OH)_2$ распадается в растворе на эквивалентные количества хинона и гидрохинона (рис. 12).

Реакция на электроде(6):



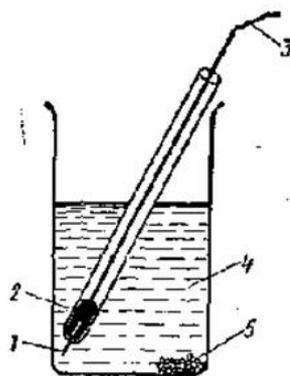
Потенциал хингидронного электрода выражается(7):

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{\alpha_{хин} \alpha_{H^+}^2}{\alpha_{гидр}} \quad (7)$$

,где $\alpha_{хин}$, $\alpha_{гидр}$ – активности хинона и гидрохинона [26].

Электродная реакция(8):





1 – платиновая проволока, 2 – ртуть, 3 – медная проволока, 4 – исследуемый раствор, в котором растворен хингидрон, 5 – избыток хингидрона

Рис. 12 Устройство хингидронного электрода

Хингидронный электрод прост по устройству и приходит к равновесию быстрее, чем стеклянный. Его можно применять на воздухе. Он применим во многих неводных и смешанных средах. Основным недостатком этого электрода является то, что измерения с ним ограничены растворами со значениями pH, меньше 8. В сильно щелочных растворах хинон химически разлагается. В концентрированных растворах нейтральных солей электрод дает ошибку порядка 0,1 pH вследствие неодинакового изменения активности хинона и гидрохинона. Ошибки возникают в присутствии окислителей и восстановителей, которые химически взаимодействуют с хиноном или гидрохиноном [27].

12.3 Сурьмяный электрод

Сурьмяный электрод изготовлен в виде бруска сурьмы, отлитого на воздухе. Потенциал обусловлен окислительно-восстановительной реакцией с участием сурьмы и тонкого слоя окиси Sb_2O_3 на поверхности металла.[28] Так как трехокись сурьмы плохо растворима, то в растворе устанавливается равновесие типа(9):



Потенциал сурьмяного электрода имеет вид(10):

$$\varphi = \varphi_{Sb_2O_3}^0 + \frac{RT}{3F} \ln a_{Sb^{3+}} \quad (10)$$

Сурьмяный электрод позволяет определять рН в интервале от 2 до 12 включительно. Обычная точность его показания 0,1 – 0,2 единицы рН. Электрод нельзя использовать, если в растворе имеются соли металлов, более благородных, чем сурьма, так как эти металлы могут контактно выделяться на поверхности сурьмы. Различные окислители и восстановители, органические вещества заметно влияют на показания электрода. Преимущества данного электрода заключаются в быстром установлении потенциала и простоте устройства. Его можно использовать в условиях меняющейся температуры и щелочных растворах. Низкое сопротивление сурьмяного электрода позволяет применять его при высокой влажности. Одно из самых главных достоинств этого электрода является низкая стоимость [29].

13. Устройство для определения водородного показателя

Существуют устройства для определения водородного показателя потенциометрическим методом без использования

индикаторных электродов. К таким устройствам относятся ион-селективный полевой транзистор и сенсоры на основе хальгенидов железа.

13.1 Ион-селективный полевой транзистор (ИСПТ)

Основной частью ион - селективного полевого транзистора является полупроводник (кремний), который состоит из области с р-типом проводимости и двух областей с n-типом проводимости – исток и сток, которые поставляют и принимают ток. На поверхности полупроводника находится электрод-затвор, отделенный от него слоем диэлектрика. В качестве диэлектрика используют SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , Ni_2O_5 , Ta_2O_5 . Полупроводник покрывается метал оксидным изолятором и ион-селективной мембраной. На изолятор подается напряжение, определяющее силу тока транзистора. Среда контактирует с изолирующим слоем, что приводит к возникновению потенциала, контролирующего силу тока между истоком и стоком (рис. 13).

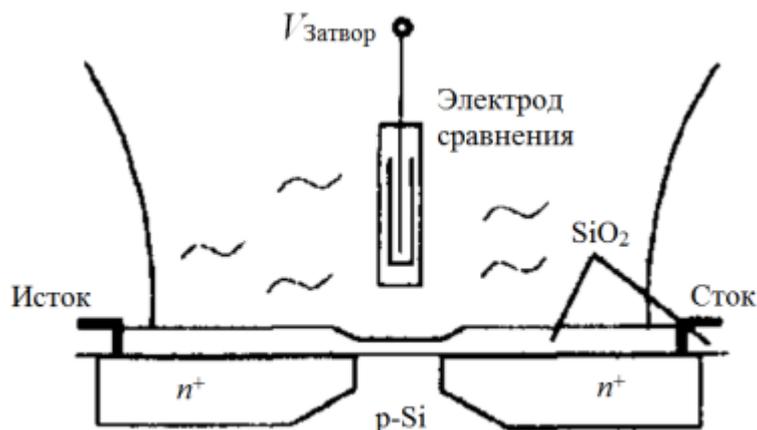


Рис. 13 Схематический вид ИСПТ

При погружении датчика в раствор возникает реакция обмена протонами между раствором и поверхностью диэлектрика.

Установившаяся концентрация зависит от активности протонов в растворе, следовательно, от величины водородного показателя. При уменьшении рН поверхность диэлектрика поглощает электроны, а при увеличении – отдает избыточные. При изменении рН меняется суммарный заряд, а, следовательно, изменяется напряжение на поверхности раздела «диэлектрик-среда», что приводит к изменению электрического поля в полупроводнике, что соответствует изменению проводимости канала транзистора, которое фиксируется в виде электрического сигнала [30].

Для придания ИСПТ химической чувствительности к определённому веществу, поверх подзатворного диэлектрика наносят хемоселективную мембрану. Транзистор, в котором в качестве мембраны используют нитрид кремния, называется рН-селективным. Поверхность нитрида кремния обладает лучше способностью к связыванию протонов, вследствие чего обеспечивается более высокая чувствительность и линейность в широком диапазоне величины рН. Нитрид кремния является химически стойким соединением и менее подвержен влиянию ионных воздействий при контакте с растворами [31].

ИСПТ устойчив к деформации, обладает более низкой кислотно-щелочной погрешностью в сравнении с стеклянным электродом, погрешность $< 0,01$ рН (между 1-13рН), обладает высоким быстродействием, позволяет проводить измерения в средах с высокой степенью загрязнения, способен долго сохранять калибровочные характеристики, что позволяет для последующих измерений устанавливать только начальную точку электрода в буферном растворе рН=7,0. Данный метод определения рН является достойной

альтернативой стеклянному электроду, что следует из выше перечисленных характеристик. Подходит для определения рН грунтов, так как позволяет проводить измерения в водах с высокой степенью загрязнения [32].

В результате литературного обзора были выявлены требования, которым должно соответствовать устройство для определения рН потенциометрическим методом:

1. повышенные прочностные характеристики;
2. воспроизводимость результатов;
3. низкая погрешность;
4. удобство эксплуатации и отсутствие специфической подготовки к работе;
5. низкая стоимость;

6. ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Методика выполнения потенциометрических экспериментов

1.1 Отбор проб почвы

Точечные пробы отбирали из одного или нескольких горизонтов методом конверта. Пробы отбирают ножом или шпателем. Объединенная проба представляет собой не менее пяти смешанных точечных проб[35].

1.2 Приготовление почвенной вытяжки

К пробе почвы массой 30 г добавляют 150 см³ дистиллированной воды. Почва с водой перемешивается 3 минуты, затем отстаивается в течение 5 минут [36].

1.3 Приготовление буферных растворов

Буферные растворы были приготовлены из стандарт – титров в соответствии с ГОСТ[37]. Ампулу ополоснули дистиллированной водой и сняли этикетку, затем с помощью стеклянного бойка пробили верхнее углубление ампулы. Ампулу изнутри промыли водой и довели объем жидкости до 1 литра, взболтали до полного растворения. На емкость наклеили этикетку с указанием рН буферного раствора и датой изготовления.

2. Потенциометрический метод определения рН

Потенциометрическое определение рН грунтов состоит из двух этапов. Первым этапом является калибровка, которая осуществляется путем измерения трех буферных растворов со значениями рН 4,01, 6,86 и 9,18. Второй этап заключается в измерении рН почвы. Измерения

проводятся при помощи потенциометра и компьютера, который служит для вывода данных.

Порядок выполнения работы:

1. Тщательно вымытый стаканчик на 50 см³ устанавливали в штатив и наливали в него примерно 40 см³ приготовленного буферного раствора. В стаканчик устанавливали стеклянный и хлоридсеребряный электроды и термодатчик.

2. После установления равновесия (равновесие устанавливается в течение 3 – 5 минут) проводилось измерение ЭДС, составленного гальванического элемента.

3. Повторялись опыты с остальными буферными растворами и пробами почвы.

4. Полученные данные обрабатывались при помощи Microsoft Excel.

3. Экспериментальная часть

Потенциометрический метод определения рН был выбран, как наиболее перспективный. Основной составляющей этого метода является индикаторный электрод. Стеклянный электрод в настоящее время находит широкое применение и является эталоном, но его хрупкость не позволяет проводить измерения в полевых условиях. Преимуществом электродов на основе сурьмы и хингидрона является прочность и низкая стоимость, они могут служить достойной альтернативой стеклянному электроду. Для того чтобы применять данные электроды на практике, необходимо убедиться в достоверности получаемых результатов относительно стеклянного электрода и определить погрешность измерений.

Процессы отбора и подготовки проб почвы, а также измерения потенциала определяются некоторыми параметрами, которые могут оказывать влияние на значение водородного показателя и его погрешность. Необходимо исследовать зависимость рН от следующих параметров:

1. точка отбора пробы почвы;
2. длительность экстракции;
3. тип почвы;
4. объём воды, при приготовлении почвенной суспензии;

3.1 Исследование зависимости рН от точки отбора пробы почвы

Необходимо исследовать, как место отбора пробы почвы влияет на водородный показатель. Для проведения этого эксперимента в Михайловской роще были отобраны 3 образца почвы, расстояние между каждой точкой отбора составляло в среднем 5 метров. Измерения проводились 3 раза стеклянным электродом в течение 5 минут. Результаты измерений представлены в таблице 4, а также графически на рисунке 14.

Табл. 4 Зависимость рН от точки отбора пробы почвы

№ образца	рН
1	7,3±0,2
2	7,7±0,2
3	8,22±0,09

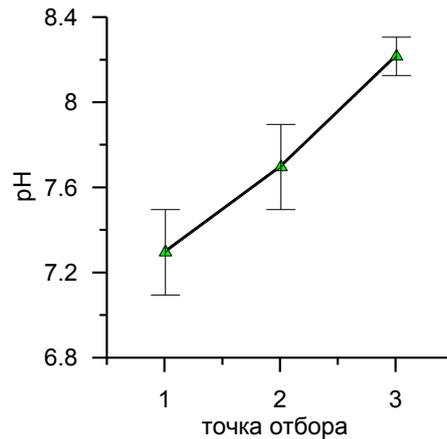


Рис. 14 Зависимость pH от точки отбора пробы почвы

В зависимости от точки отбора значение водородного показателя может изменяться на одну единицу pH.

3.2 Исследование зависимости pH от длительности экстракции

Необходимо исследовать, как изменяется pH почвенной пробы с течением времени. Время установления потенциала для стеклянного электрода примерно 5 минут. Измерения pH почв проводились стеклянным электродом непрерывно в течение 17 часов. Результаты эксперимента представлены на графике (рис. 15) Относительная погрешность измерения в 17 часов составила 75% относительно показаний в момент установления потенциала. Потенциал с течением времени становится отрицательнее, следовательно, невозможно проводить непрерывные длительные измерения

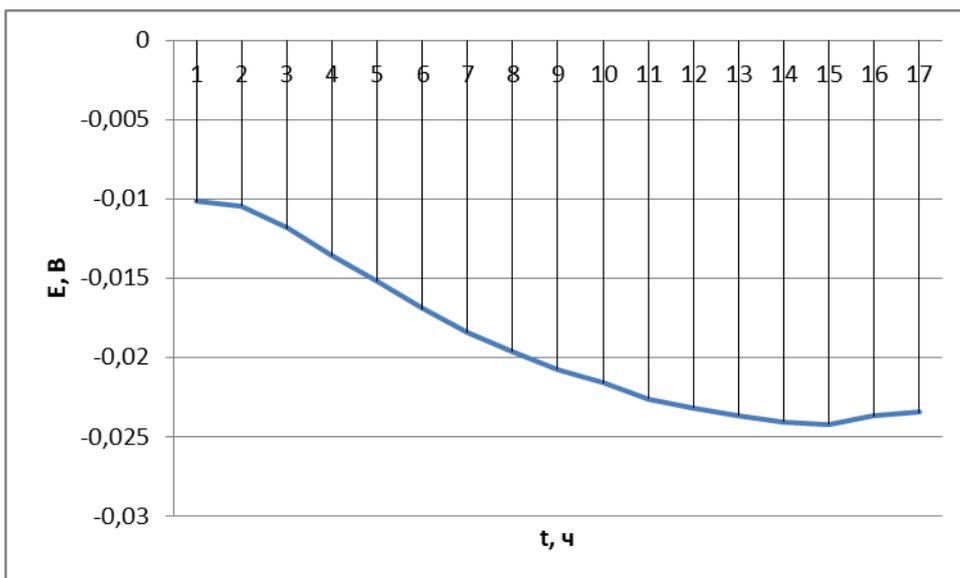


Рис. 15 Зависимость рН от длительности экстракции

3.3 Исследование зависимости рН от типа почв

Все почвы делятся на горизонты. У разных типов почв один и тот же горизонт находится на различной глубине. Необходимо исследовать, как изменяется рН в одном горизонте в зависимости от типов почвы. На рис. 16 изображены результаты исследования.

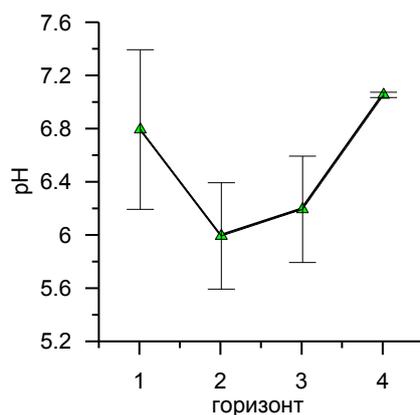


Рис. 16 Зависимость рН от горизонта:

1-горизонт А;

2-горизонт А1А2

3-горизонт А2В

4-горизонт АВ

В одном горизонте в зависимости от типа почвы максимальное изменение водородного показателя составляет 0,5рН.

3.4 Исследование зависимости рН от количества воды в почвенной суспензии

В соответствии с ГОСТ почвенная суспензия готовится в соотношении 50 мл дистиллированной воды на 10 г почвенной навески. Необходимо исследовать, как изменяется рН при увеличении и уменьшении количества воды в почвенной суспензии. Были приготовлены почвенные суспензии в соотношении 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 почва-вода, измерен их потенциал и рассчитан рН. Результат исследования представлен на рисунке 17.

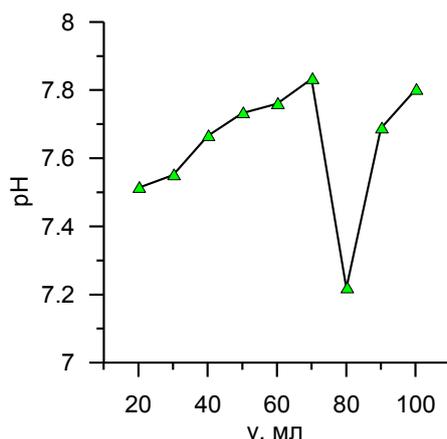


Рис. 17 Зависимость рН от количества воды в почвенной суспензии

В зависимости от количества воды максимальное изменение водородного показателя составляет 0,6рН.

3.5 Определение рН стеклянным, сурьмяным и хингидронным электродами

Экспериментальная часть представляет собой потенциометрическое определение рН одновременно стеклянным, сурьмяным и хингидронным электродами. Опыт проводился 3 раза для

7 типов почв в течение 5 минут. Результаты измерений численно представлены в таблице 5 и графически на рис. 18,19,20.

Табл.5 - Результаты измерений стеклянного, хингидронного и сурьмяного электродов

	рН			Δ, %	
	СЭ	SbЭ	ХЭ	SbЭ	ХЭ
К-1	5,3±0,1	5,24±0,06	5,3±0,3	0,17	1,2
К-2	5,89±0,03	5,79±0,09	5,6±0,7	1,7	4,9
К-4	6,51±0,05	6,18±0,01	6,2±0,1	5,1	4,3
Н	7,8±0,1	6,8±0,1	7,3±0,1	1,2	6,6
Щ-1	9,34±0,02	8,7±0,1	8,7±0,3	7,1	6,1
Щ-2	8,01±0,05	7,0±0,3	7,6±0,2	12,3	4,8
Щ-3	8,44±0,05	7,25±0,01	7,7±0,2	14,1	8,8

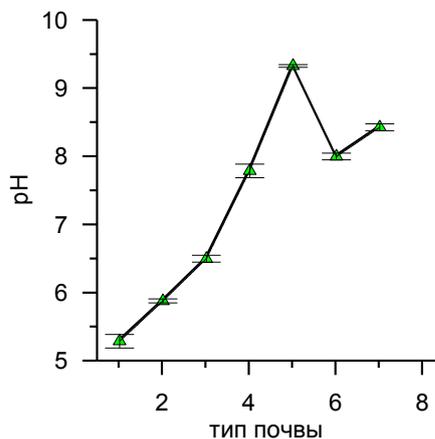


Рис. 18 Стеклянный электрод

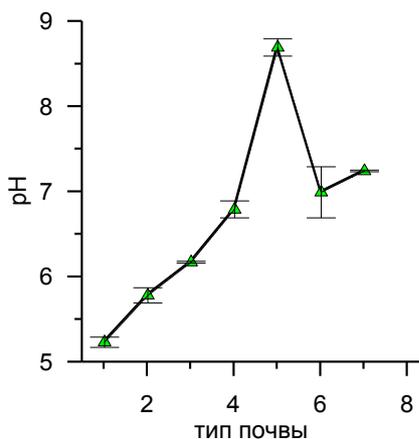


Рис. 19 Сурьмяный электрод

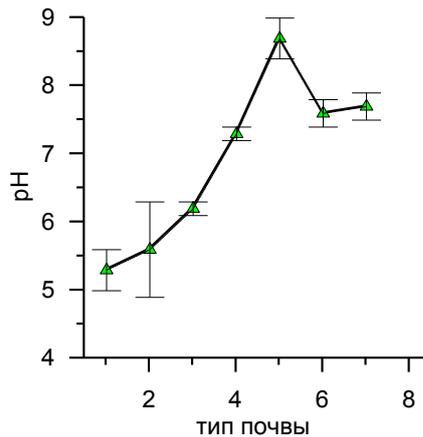


Рис. 20 Хингидронный электрод

Достоверность результатов сурьмяного и хингидронного электродов в кислых и нейтральных почвах удовлетворительна. В щелочной почве погрешность является максимальной и достигает 14,1% для сурьмянного электрода и 8,8% для хингидронного. Погрешность каждого электрода составляет 0,1рН.

3.6 Обсуждение результатов

Таким образом, потенциометрический метод определения водородного показателя был выбран, как наиболее перспективный.

Исследовано влияние различных параметров на кислотность почвы. По результатам сделаны выводы о том, что необходимо тщательно подходить к выбору места отбора проб почвы, так как максимальное изменение водородного показателя проб, отобранных в глубине леса, на солнечной поляне и вблизи водоема составляет одну единицу рН. Длительные непрерывные измерения, показали, что погрешность значения потенциала через 17 часов измерений составляет 75%, следовательно, рационально проводить только кратковременные измерения. Водородный показатель в одном горизонте в зависимости от типа почвы максимально изменяется на 0,5рН. В зависимости от

количества воды в почвенной суспензии изменение кислотности почвы составляет 0,6рН. Данный фактор, вносит не большую погрешность, но, не смотря на это, рекомендуется при приготовлении почвенной суспензии соблюдать методику ГОСТ.

По результатам измерений различных типов почв одновременно стеклянным, сурьмяным и хингидронным электродами сделаны выводы о том, что погрешность каждого электрода составляет 0,1рН. Достоверность измерений сурьмяного и хингидронного электрода относительно стеклянного в кислых и нейтральных почвах удовлетворительна. В щелочной почве погрешность является максимальной и достигает 14,1% для сурьмяного электрода и 8,8% для хингидронного. Так как хингидронный электрод нуждается в предварительной подготовке к измерениям, то для определения рН в полевых условиях более практичным является электрод на основе сурьмы.

Таким образом, электрод на основе сурьмы рекомендуется, в качестве устройства для мобильного определения рН в коррозионном мониторинге, с поправкой на то, что в щелочных почвах погрешность может достигать одной единицы рН.

ГЛАВА 3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

1. Введение

Важной частью выпускной квалификационной работы является анализ коммерческой ценности рекомендуемого сурьмяного электрода. Экономическая часть ВКР направлена на закрепление и углубление теоретических знаний и практических навыков в области экономики, организации и управления производством.

Целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности сурьмяного электрода. Основные задачи заключаются в оценке перспективности разработки электрода и определении его экономической эффективности.

Сурьмяный электрод, рекомендуемый для использования в мобильном коррозионном мониторинге трубопровода, привлекателен своей низкой стоимостью, а также является более прочным и простым в применении.

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

2.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Сегментирование рынка услуг по разработке индикаторных электродов осуществляется по следующим критериям: размер компании и вид электрода (рис. 21).

		Вид электрода		
		Стекло нный электрод	Сурьян ый электрод	Хингидро нный электрод
Размер компани и	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рис. 21. Карта сегментирования рынка услуг по разработке индикаторных электродов

 - фирма А  - фирма В,  - фирма С.

Основным сегментом данного рынка является производство стеклянного электрода. Данный электрод является эталоном среди всех известных индикаторных электродов. Благодаря таким характеристикам, как высокая точность, быстрое установление потенциала и легкость в эксплуатации стеклянный электрод занял устойчивое положение на рынке. Данный электрод является дорогостоящим и очень хрупким, поэтому достойной альтернативой служит электрод на основе сурьмы. Помимо быстрого установления потенциала и легкости в эксплуатации, сурьмяный электрод является достаточно прочным и дешевым. Схожими характеристиками обладает и хингидронный электрод, но его основным недостатком является длительная подготовка к измерениям. Следовательно, сегментами, на которые необходимо ориентироваться являются производство электрода на основе сурьмы. Наиболее привлекательными сегментами в будущем служит производство данного электрода для наиболее крупных компаний.

2.2. Анализ конкурентных технических решений

В таблице 6 представлен анализ конкурентных технических решений, существующих на рынке.

Таблица 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{ст}	Б _{сур}	Б _{хин}	К _{ст}	К _{сур}	К _{хин}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Ударопрочность	0,15	1	5	5	0,15	0,75	0,75
2. Удобство в эксплуатации	0,13	3	5	2	0,39	0,65	0,26
3. Безопасность	0,08	5	4	5	0,4	0,32	0,4
4. Подготовка к измерениям	0,12	5	5	1	0,6	0,6	0,12
5. Низкая погрешность	0,17	5	4	4	0,85	0,68	0,68
6. Воспроизводимость	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Цена	0,14	1	5	5	0,14	0,7	0,7
Итого					3,58	4,64	3,85

Вывод: Из результатов анализа конкурентных технических решений, следует, что наиболее конкурентоспособной разработкой на рынке является сурьмяный электрод. Уязвимость данной разработки заключается в том, что он обладает более высокой погрешностью и меньшей воспроизводимостью, другие электроды могут с легкостью заменить его. Конкурентное преимущество электрода на основе сурьмы заключается в его прочности и низкой стоимости, по сравнению со стеклянным электродом. Хингидронный электрод требует длительной подготовки к измерениям, что значительно снижает его конкурентоспособность. Сурьмяный электрод обладает значительными преимуществами и способен занять наиболее перспективные сегменты рынка.

2.3. Технология QuaD

Оценка показателей качества и перспективности разработки представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Ударопрочность	0,15	100	100	1	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0,13	100	100	1	0,13
3. Безопасность	0,08	90	100	0,9	0,072
4. Подготовка к измерениям	0,12	100	100	1	0,12
5. Низкая погрешность	0,17	90	100	0,9	0,153
6. Воспроизводимость	0,11	90	100	0,9	0,099
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность продукта	0,1	100	100	1	0,1
8. Цена	0,14	100	100	1	0,14
Итого	1				0,964

Вывод: Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности составляет 96,4%, следовательно, разработка является перспективной. Основные инвестирования текущей разработки пойдут на ее внедрение рынок Основные направления улучшения разработки - это повышение качества и достоверности конечных результатов, повышение безопасности продукта.

2.4. SWOT-анализ

Первый этап SWOT-анализа представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Высокая конкурентоспособность</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Обеспечение повышения производительности труда</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие сертификации разработки</p> <p>Сл3. Наличие в устройстве токсичного материала</p> <p>Сл4. Низкая точность, получаемых результатов по сравнению с конкурирующими технологиями</p> <p>Сл5. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.</p>
Возможности:		
<p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Работа с самыми перспективными сегментами рынка</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Усовершенствование технических характеристик продукта</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
Угрозы:		
<p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p>		

производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Улучшение технических характеристик конкурентных продуктов У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Появление наиболее перспективных разработок		
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Второй этап SWOT-анализа представлен в виде интерактивных матриц в таблицах 9,10,11,12.

Таблица 9 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	+	+	+	0	+
	В2	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	+	+
	В4	-	-	+	0	+
	В5	+	+	-	+	0

Анализ интерактивных таблиц:

В1С1С2С3С5; В2В3С1С2С3С4С5; В4С3С5; В5С1С2С4.

Таблица 10 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	+	+	0	0	+
	В2	-	-	-	-	-
	В3	-	-	-	-	-
	В4	-	-	-	+	-
	В5	-	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц: В1Сл1Сл2Сл5; В4Сл4.

Таблица 11 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 12 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	+	+	+	+	+
	B5	+	+	+	+	+

Анализ интерактивных таблиц: B1B2B3B4B5Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

В рамках **третьего этапа** представлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл. 13).

Таблица 13 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Высокая конкурентоспособность</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Обеспечение повышения производительности труда</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие сертификации разработки</p> <p>Сл3. Наличие в устройстве токсичного материала</p> <p>Сл4. Низкая точность, получаемых результатов по сравнению с конкурирующими технологиями</p> <p>Сл5. Отсутствие компании, способной построить производство под ключ.</p>

<p>Возможности: V1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ V2. Работа с самыми перспективными сегментами рынка V3. Появление дополнительного спроса на новый продукт V4. Усовершенствование технических характеристик продукта V5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Высокие технические характеристики позволят вывести данную разработку на новый уровень. По многим критериям и параметрам устройство превосходит свои аналоги на рынке. Низкая стоимость продукта повышает дополнительный спрос. Таким образом, разработка обладает высокой конкурентоспособностью, а благодаря квалифицированному персоналу существует возможность вывести продукт на новый уровень и завоевать наиболее перспективные сегменты рынка.</p>	<p>Отсутствие прототипа и сертификации разработки ставят по угрозу сотрудничество с наиболее перспективными сегментами рынка. На базе инновационной инфраструктуры НИ ТПУ возможно проводить исследования для улучшения качества технических характеристик. Решение данных проблем может привести к выгодному сотрудничеству с особо крупными компаниями.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Улучшение технических характеристик конкурентных продуктов У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Появление наиболее перспективных разработок</p>	<p>Данная разработка оказывает достойную конкуренцию своим аналогам. Используя знания квалифицированного персонала, возможно, обратить внимание на разработку и тем самым вызвать спрос на новые технологии. Благодаря своей низкой стоимости продукт занимает устойчивое положение на рынке.</p>	<p>Отсутствие прототипа научной разработки, недостатки технических характеристик понижает его конкурентоспособность на рынке.</p>

3. Планирование научно-исследовательских работ

3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	3	Календарное планирование работ	
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Литературный обзор	Студент
	5	Проведение необходимых опытов	Научный руководитель, студент
	6	Проведение расчетов	Студент
	7	Статистическая обработка результатов	Студент
Обобщение и оценка полученных результатов	8	Выбор наиболее перспективной методики	Студент
	9	Заключение по проделанной работе и рекомендации по выбору методики	Студент

3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула(11):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (11)$$

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

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

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

Определение продолжительности каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями(12):

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (12)$$

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

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

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

3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (табл. 16).

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой(13):

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле(14):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48 \quad (14)$$

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

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

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

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

Все рассчитанные значения представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожид}$, чел-дни				И1	И2	И3	И1	И2	И3
	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3							
Составление и утверждение технического задания	1,5	2	1	2	3	4	1,7	2,4	2,2	Научный руководитель,	2	2	2	3	3	3
Выбор направления исследований	2	2,4	1	3	3	4	2,4	2,6	2,2	Научный руководитель, студент	1	1	1	1	1	1
Календарное планирование работ	4	6	3	5	7	4	4,4	6,4	3,4	Научный руководитель, студент	2	3	2	3	4	3
Литературный обзор	10	8	11	15	12	20	12	9,6	14,6	Студент	12	10	15	18	15	22
Проведение необходимых опытов	24	22	28	30	25	42	26,4	23,2	33,6	Студент	26	23	34	38	34	50
Проведение расчетов	17	8	9	20	9	17	18,2	8,4	12,2	Студент	18	8	12	27	12	18
Статистическая обработка результатов	6	10	3	12	11	5	8,4	10,4	3,8	Студент	8	10	4	12	15	6
Выбор наиболее перспективной методики	1	2	1	2	3	2	1,4	2,4	1,4	Студент	1	2	1	1	3	1
Заключение по проделанной работе	2	1,5	1	3	3	4	2,4	2,1	2,2	Студент	2	2	2	3	3	3

Таблица 16 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

■ – студент; ■ – руководитель.

№ Работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	3	■													
2	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент	1	■													
3	Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент	3	■	■												
4	Литературный обзор	Студент	22		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Проведение необходимых опытов	Студент	50				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Проведение расчетов	Студент	18									■	■	■	■	■	■
7	Статистическая обработка результатов	Студент	6												■	■	■
8	Выбор наиболее перспективной методики	Студент	1													■	■
9	Заключение по проделанной работе	Студент	3														■

3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле(15):

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

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.(15%)

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

Таблица 17 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед.,руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп 1	Исп 2	Исп 3	Исп1	Исп2	Исп3	Исп1	Исп2	Исп3
Бумага	пачка	1	1	1	300	300	300	300	300	300
Перчатки резиновые	штука	1	1	1	63	63	63	63	63	63
Сурьма	кг	0	1	0	0	650	0	0	650	0
Шприц инъекционный	штука	0	1	0	0	15	0	0	15	0
Ступка фарфоровая с пестиком	штука	1	1	1	399	399	399	399	399	399
Стекланный электрод	штука	1	0	0	1386	0	0	1386		
Платиновый электрод	штука	0	0	1	0	0	3170			3170
Эпоксидная смола	кг	0	0	1	0	0	325			325
Итого								2148	1427	4257

3.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В этой статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки(16):

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

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

Среднедневная заработная плата определяется по формуле(17):

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

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

Расчет затрат на основную заработную плату приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.	Трудоемкость, раб. дн.			Основная заработная плата, руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3
Руководитель	18221,96	1076,75	5	6	5	5383,75	6460,5	5383,75
Студент	6976,22	412,23	69	58	70	28443,87	23909,34	28856,1
Итого:						33827,62	30369,84	34239,85

3.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы (табл. 19)

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле(18):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (18)$$

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

Таблица 19. – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	5383,75	6460,5	5383,75	0,15	807,6	969,1	807,6
Студент	28443,87	23909,34	28856,1		4266,6	3586,4	4328,4
Итого					5074,2	4555,5	5136

3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы(19):

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 20).

Таблица 20 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	5383,75	6460,5	5383,75	807,6	969,1	807,6
Студент	28443,87	23909,34	28856,1	4266,6	3586,4	4328,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%					
Исполнение 1	10542,33					
Исполнение 2	9464,76					
Исполнение 3	10722,63					

3.4.4 Накладные расходы (табл. 21)

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и

телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле(20):

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

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

Величину коэффициента накладных расходов берем в размере 50%.

Таблица 21 - Расчет накладных расходов

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НИИ	2148	1427	4257
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	33827,62	30369,84	34239,85
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5074,2	4555,5	5136
Отчисления во внебюджетные фонды	10542,33	9464,76	10722,63
Накладные расходы	25796,07	22908,55	27177,74

3.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 22.

Таблица 22 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты НИИ	2148	1427	4257
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	33827,62	30369,84	34239,85
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5074,2	4555,5	5136
Отчисления во внебюджетные фонды	10542,33	9464,76	10722,63
Накладные расходы	25796,07	22908,55	27177,74
Бюджет затрат НИИ	77388,22	68725,65	81533,22

Минимальный бюджет НТИ представлен вторым исполнением и составляет 68725,65 рубля.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется(22):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (22)$$

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

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом(23):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (23)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 23).

Таблица 23 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Ударопрочность	0,15	1	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,13	3	5	2
3. Безопасность	0,08	5	4	5
4. Подготовка к измерениям	0,12	5	5	1
5. Низкая погрешность	0,17	5	4	4

6. Воспроизводимость	0,11	5	4	4
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5
2. Цена	0,14	1	5	5
Итого				

$$I_{p-исп1} = 1 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,08 + 5 \cdot 0,12 + 5 \cdot 0,17 + 5 \cdot 0,11 + 5 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,14 = 3,58$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,13 + 4 \cdot 0,08 + 5 \cdot 0,12 + 4 \cdot 0,17 + 4 \cdot 0,11 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,14 = 4,64$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,08 + 1 \cdot 0,12 + 4 \cdot 0,17 + 4 \cdot 0,11 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,14 = 3,85$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле(24):

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad (24)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (табл.24) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта(25):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (25)$$

Таблица 24 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	0,84	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,58	4,64	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	3,8	5,5	3,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,769	1	0,7

В результате выполненного анализа экономической эффективности было проведено сегментирование рынка, в результате которого были выбраны основные и наиболее перспективные сегменты. В результате анализа конкурентных технических решений наиболее конкурентоспособным оказался электрод на основе сурьмы. Анализ качества и перспективности данной разработки показал, что она является перспективной, средневзвешенное значение показателя качества и перспективности составило 96,4%.

В процессе работы был составлен перечень этапов и работ, а также распределены исполнители. В качестве исполнителей выступали: научный руководитель и студент. Также был составлен календарный план-график проведения НИОКР, на котором изображены временные интервалы выполнения различных этапов.

Был проведен расчет материальных затрат, минимальные затраты составили 1427 рубль (Исполнение 2 – электрод на основе сурьмы). Также был проведен расчет основной и дополнительной заработной платы, отчислений во внебюджетные фонды и расчет накладных расходов. По результатам расчетов сделан вывод о том, что минимальный бюджет НТИ составил 68725,65 рубля (Исполнение 2 – электрод на основе сурьмы).

Были рассчитаны интегральные финансовые показатели разработок, интегральные показатели ресурсоэффективности и сравнительная эффективность вариантов исполнения.

Электрод на основе сурьмы является конкурентоспособной, ресурсоэффективной и перспективной разработкой, что позволит завоевать наиболее перспективные сегменты рынка.

ГЛАВА 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

1. Введение

Одним из наиболее распространённых способов транспортировки является трубопроводный транспорт. Значительный ущерб трубопроводу наносит коррозия. Существует различные виды коррозии, которые определяют условия протекания процесса коррозии. Для трубопроводного транспорта характерна атмосферная и подземная коррозия.

Измерение pH почв является одним из ключевых элементов при оценке коррозионной активности грунтов. Кислотность почвы — это мера концентрации ионов водорода.

Понятие мониторинга коррозионного состояния подземных стальных трубопроводов представляет собой систему наблюдений, диагностирования и прогнозирования их коррозионного состояния с целью своевременного выявления изменений, их оценки, предотвращения последствий коррозии и их ликвидации. Различают стационарный и мобильный коррозионный мониторинг.

Для проведения мобильного коррозионного мониторинга необходима разработка устройства, обладающего достаточной точностью для определения pH почвы.

Существуют различные методы определения pH почвы. Среди изученных методов наиболее перспективным является потенциометрия. Данный метод обладает высокой точностью и чувствительностью, а также позволяет проводить измерения в мутных и окрашенных растворах.

В потенциометрии существует проблема, связанная с выбором индикаторного электрода. Стекланный электрод в настоящее время находит широкое применение и является эталоном, но его хрупкость не позволяет применять данный электрод в мобильном коррозионном мониторинге. Следовательно, перспективным средством измерения являются твердотельные

датчики. Датчик на основе сурьмы и композитный хингидронный датчик обладают достаточной прочностью и точностью.

Использование твердотельных датчиков в определение рН почв позволит существенно оптимизировать процедуру мобильного коррозионного мониторинга.

2. Объект исследования: приборы, оборудование

Объектами исследования данной выпускной квалификационной работы являются электрод на основе сурьмы и хлорсеребряный электрод. Сурьмяный электрод состоит из металлической проволоки и пластикового корпуса, а хлорсеребряный электрод из серебряной проволоки и стеклянного корпуса. Исследования проводятся в лаборатории корпуса №18 ТПУ.

3. Профессиональная социальная безопасность

3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Стекло является хрупким, легко трескается и ломается при ударах. В процессе исследования и эксплуатации хлорсеребряный электрод может разбиться или расколоться. Необходимо знать, что опасны не только большие куски стекла, а также мелкие и почти незаметные осколки. Запрещено убирать разбитое стекло руками, необходимо использовать подручные средства. Порезы стеклом необходимо тщательно промыть холодной водой, затем обработать йодом или зеленкой. Необходимо соблюдать технику безопасности работы со стеклом.

3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований

Помимо вредных факторов, вызванных объектом исследования, существуют вредные и опасные факторы рабочей среды. В лаборатории

корпуса №18 негативное воздействие на человека оказывает микроклимат, освещение, шум и возможность поражения электрическим током.

Параметры микроклимата оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. Оптимальные параметры микроклимата повышают работоспособность. Работа в лаборатории относится к категории тяжести работ Ia. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 для категории тяжести работ Ia температура воздуха в холодный период должна составлять не более 22-24°C, в теплый период года 23-25°C. Относительная влажность должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха — 0,1 м/с.

Также к вредным факторам относят искусственное освещение, которое обеспечивается электрическими источниками света и применяется для работы в темное время суток, и днем при недостаточном естественном освещении. Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы низкого и высокого давления и лампы накаливания. Плохое освещение снижает работоспособность, может привести к возникновению травм и ухудшению здоровья. Рабочее место должно быть освещено достаточно и равномерно. Освещение не должно ослеплять и образовывать резкие тени на рабочих местах.

Зрительные работы в лаборатории относятся к работам высокой точности (3 разряд). Согласно СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» освещенность при системе комбинированного освещения должна составлять 750лк, а при системе общего освещения 300лк. Коэффициент пульсации не должен превышать 15%.

Лаборатория оснащена системой вентиляции. Работа системы вентиляции сопровождается шумом. Продолжительный шум оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы, слух, а так же приводит к снижению работоспособности и производительности труда. В лаборатории шум превышающий уровень звука и эквивалентный уровень звука 60 дБА отсутствует. Лаборатория находится вдали от центральных улиц, автомобильных и железных дорог, аэропортов.

Опасным фактором является возможность поражения электрическим током, так как рабочее место оснащено следующими электрическими приборами: электронные весы, компьютер, потенциометр.

При непосредственном контакте с токоведущими частями электроприборов, при соприкосновении со стенами и полом, которые находятся под напряжением, возникает опасность поражения электрического тока. Также может присутствовать опасность короткого замыкания высоковольтных блоков.

Травмы поражения током зависят от пути протекания тока, от силы тока и длительности воздействия.

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

Для предотвращения воздействия вредных и опасных факторов на человека различают средства коллективной и индивидуальной защиты.

В холодный период года оптимальные значения микроклимата обеспечиваются системой отопления, в теплый период года – системами вентиляции и кондиционирования. В качестве средств индивидуальной защиты в холодный период года необходимо использовать специальную одежду.

В качестве средств индивидуальной защиты от негативного воздействия шума используют беруши, наушники или защитные костюмы. Средства коллективной защиты подразумевают под собой изменение направления излучения шума, рациональную планировку лаборатории и применение звукоизоляции.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся галоши, резиновые или диэлектрические перчатки, диэлектрические ковры.

Также необходимо соблюдать технику безопасности и превентивные меры защиты. Перед началом работы необходимо убедиться в отсутствии поврежденных проводов электроприборов, проверить целостность корпуса электроприборов, штепсельных вилок и розеток.

В целях коллективной защиты применяется защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, при этом сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом, зануление для устранения опасности поражения электрическим током при замыкании на корпус электроустановок, работающих под напряжением до 1000 В в трехфазных четырехпроводных сетях с глухо-заземленной нейтралью.

Перед началом работы необходимо удостовериться в наличии и исправности заземления, затем включить рубильник и после использовать электрические приборы. После окончания работы отключить все электроприборы от сети и отключить подачу электроэнергии посредством выключения рубильника.

4. Экологическая безопасность

4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Воздействие объекта исследования на окружающую среду происходит на протяжении всего жизненного цикла продукции. Жизненный цикл продукции определяется процессами изготовления, эксплуатации и утилизации.

Электроды состоят из сурьмы, пластика, стекла и проволоки. В процессе эксплуатации они не оказывают негативного воздействия на окружающую среду.

В процессе изготовления электрода на основе сурьмы образуются отходы в виде металлических опилок, также пластика и резины (изоляция проводов).

4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Металлические опилки сурьмы и резину отправляют на захоронение на полигоны ТБО. Серебро и стекло от хлорсеребряного электрода отправляют на переплавку, пластиковый корпус электрода на основе сурьмы также отправляют на переплавку.

5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта

При нарушении норм и правил пожарной безопасности в лаборатории, неисправности электрооборудования, электропроводки может возникнуть пожар.

Пожаром является неконтролируемое горение очага, наносящее материальный ущерб, а также вызывающее несчастные случаи и причинение вреда здоровью человека.

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

Для исключения возможности возникновения пожара в рабочем помещении, необходимо систематически проверять целостность изоляционных покрытий электрических проводок, осуществлять курение только в специально отведенных местах.

Согласно № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» лаборатория корпуса № 8 имеет класс функциональной пожарной опасности Ф5.1.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 тушение пожаров предусматривает использование средств и снаряжения пожаротушения. Для пожаротушения в лаборатории корпуса № 8 может быть использован углекислотный огнетушитель.

Требования по обеспечению пожарной безопасности регламентируются ГОСТ 12.1.004-91. Помещение постоянно должно содержаться в чистоте и систематически очищаться от отходов производства. В зависимости от категории установлены соответствующие нормативы по огнестойкости строительных конструкций, планировке зданий, этажности, оснащенности устройствами противопожарной защиты и др. Особые требования предъявляются к устройству и размещению кабельных коммуникаций.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Поэтому безопасность людей находится в прямой зависимости от времени пребывания их в здании при пожаре. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число и размеры конструктивно-планировочные решения, которых регламентированы. Успех ликвидации пожара на производстве зависит, прежде всего, от быстроты оповещения о его начале. Для этого используется система пожарной сигнализации.

6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

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

В соответствии с трудовым законодательством организация обеспечения безопасности труда в подразделениях возложена на их руководителей. Они проводят инструктаж по охране труда на рабочих местах. Общую ответственность за организацию работ по охране труда несет руководитель предприятия, а в его отсутствие — главный инженер.

Комитет (комиссия) по охране труда организует совместные действия работодателя и работников по обеспечению требований охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Также организует проведение проверок условий и охраны труда на рабочих местах и информирование работников о результатах указанных

проверок, сбор предложений к разделу коллективного договора (соглашения) об охране труда.

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

Нормальная продолжительность рабочего времени сотрудников не может превышать 40 часов в неделю. Основным режимом работы является пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями. При пятидневной рабочей неделе продолжительность ежедневной работы определяется правилами внутреннего трудового распорядка или графиками сменности, составляемыми с соблюдением установленной продолжительности рабочего рабочей недели и утверждаемыми администрацией по согласованию с профсоюзным комитетом. В течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается.

На работах с вредными условиями труда работникам бесплатно выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты. При работе в лаборатории в качестве СИЗ используется халат.

Санитарно-бытовое обслуживание и медицинское обеспечение работников в соответствии с требованиями охраны труда возлагается на работодателя. В этих целях работодателем по установленным нормам оборудуются санитарно-бытовые помещения, помещения для приема пищи, помещения для оказания медицинской помощи, комнаты для отдыха в рабочее время и психологической разгрузки; организуются посты для оказания первой помощи, укомплектованные аптечками для оказания первой помощи.

6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место по отношению к световым проемам должно располагаться таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами, например, жалюзи.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности оборудования. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Рабочий стул должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья. При этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию. Поверхности сиденья, спинки и других элементов стула должны быть полумягкими, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из результатов работы следует, что рН в зависимости от различных параметров изменяется от 0,5 до 1 ед. рН.

Максимальная погрешность каждого электрода составляет 0,1 ед. рН.

Показания хингидронного электрода наиболее приближены к результатам стеклянного электрода, значения которого взяты, как эталон. А электрод на основе сурьмы выдает наиболее стабильные результаты. Максимальная погрешность данных электродов относительно стеклянного электрода составляет 1 ед. рН.

Таким образом, хингидронный электрод и электрод на основе сурьмы рекомендуются в качестве средства определения рН грунтов для применения в системе мобильного коррозионного мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаренков Н.А., Литовченко С.В., Неклюдов И.М., Стоев П.И. Коррозия и защита металлов. Часть 1. Химическая коррозия металлов. Учебное пособие. – М.:ХНУ, 2007 – 10с.
2. Молявко М.А., Чалова О.Б. Коррозия металлов: Учебное пособие. – М.: УГНТУ, 2008 – 3с.
3. Улиг Г.Г, Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – М.: Химия, 1989. – 174 с.
4. Семенова И.В.,Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002 – 157 с.
5. Медведева Л.И., Мурадов А.В., Прыгаев А.К. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013 – 97 с.
6. Винокурцев Г.Г., Первунин В.В., Крупин В.А, Винокурцев А.Г. Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений. Учебное пособие. – М.: Ростовский государственный строительный университет, 2003 – 13с.
7. Килимник А.Б. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. Учебное пособие. – М.: ТГТУ, 2008 – 52 с.
8. Нафиков Г.Ф. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. Учебное пособие. Часть 2. – М.: Нижнекамский химико – технологический институт, 2012 - 35с.
9. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н. Защита металлов от коррозии: Учебное пособие. – М.: ИрГТУ, 2004 – 74 с.
10. Мальцева Г.Н. Под редакцией д.т.н., профессора С.Н. Виноградова. Коррозия и защита оборудования от коррозии: Учебное пособие. – М.: Пенз. Гос. Ун-та, 2000 – 187 с.

11. Притула В.А. Электрическая защита от коррозии подземных металлических сооружений. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1958 – 183 с.
12. Кравцов В.В. Коррозия и защита конструкционных материалов. Принципы защиты от коррозии: Учебное пособие. – М.: УГНТУ, 1999 – 71 с.
13. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2006 – 222 с.
14. Виноградова С.С., Кайдриков Р.А., Журавлев Б.Л., Назмиева Л.Р., Ткачева В.Э. Коррозионный мониторинг и контроль эффективности защиты металлический конструкций: Учебное пособие. – М.: Казан. Гос. Техн. Ун-т, 2007 – 7 с.
15. Лобова П.А., Баранов А.Н. Коррозионный мониторинг, как средство управления целостностью трубопроводов в нефтехимической промышленности. – М.: Системы. Методы. Технологии П.А. Лобова и др. Коррозионный мониторинг, № 3(23), 2014 – 125 с.
16. Маркин А.Н., Низамов Р.Э., Суховерхов С.В. Нефтепромысловая химия: практическое руководство. – М.: Дальнаука, 2011 - 159с.
17. Система комплексного коррозионного мониторинга установки первичной переработки нефти. [Электронный ресурс]. Журнал: Современные технологии автоматизации. <http://www.cta.ru/cms/f/342837.pdf>
18. Под редакцией Воробьевой Л.А. Теория и практика химического анализа почв. – М.: ГЕОС, 2006. – 339 с.
19. Белюстин А.А. Потенциометрия: физико-химические основы и применения. Учебное пособие. – М.: Лань, 2015. – 119 с.
20. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ, книга первая, изд. 4-е. – М.: Химия, 1976. – 134 с.
21. Под редакцией Никольского Б.П. Сборник практических работ по физической химии. Выпуск 2. – М.: Ленинградский университет, 1956. – 83 с.

22. Болотов В.В. , Гайдукевич А.Н. , Свечникова Е.Н. , Сыч Ю.В. , Жукова Т.В. , Микитенко Е.Е. , Дынник Е.В. , Зареченский М.А. , Колесник С.В. Аналитическая химия. Учебное пособие для студентов фармацевтических вузов и факультетов 3-4 уровней аккредитации. – М.: НФАУ «Золотые страницы», 2001. — 455 с.
23. Кузнецов В.В. Определение рН. – М.: Соросовский образовательный журнал, том 7, № 4, 2001. – 44 с.
24. Герасимова Н.С. Потенциометрические методы анализа: Методические указания к выполнению домашних заданий по аналитической химии. – М.: МГТУ им. Баумана, 2010. – 13 с.
25. Романенко С.В. Равновесные электродные процессы. Потенциометрия. Методические указания. – М.: ТПУ, 2004. – 26с.
26. Краснов К.С., Воробьев Н.К., Годнев И.Н.. Физическая Химия. Книга 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. – М.: Высшая школа, 1995. – 89 с.
27. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. Издание четвертое. – М.: «Химия», 1974. – 267 с.
28. Левин А.И., Помосов А.В. Лабораторный практикум по теоретической электрохимии. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е. – М.: Металлургия, 1979. – 158 с.
29. Бейтс Р. Определение рН. Теория и практика. Изд. 2-е, испр. – М.: Химия, 1972. – 226 с.
30. Алхасов С.С., Милешко Л.П., Хлебинская А.С. Принцип функционирования и основные сферы использования ионоселективных полевых транзисторов. – М.: Интернет журнал «Технологии техносферной безопасности», выпуск №5, 2014. – 3 с.
31. Павлюченко А.С., Кукла А.Л., Голтвянский Ю.В., Архипова В.М., Дзядевич С.В., Солдаткин А.П.. Исследование стабильности характеристик рН-чувствительных полевых транзисторов. – М.: Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, выпуск № 45, 2010. – 1 с.

32. Кукла А.Л., Лозовой С.В., Павлюченко А.С., Нагибин С.Н. Исследование метрологических параметров датчиков на основе рН – чувствительных полевых транзисторов. – М.: Технология и конструирование в электронной аппаратуре, выпуск № 2-3, 2013. – 67 с.
33. Макаров А.Г., Раздобреев Д.А., Сагида М.О. Сенсоры рН на основе халькогенидов железа. – М: Вестник ОГУ, выпуск № 6, 2014. – 224 с.
34. ОАО «Газпром нефть». Методические указания по организации и исполнению программ мониторинга коррозии промышленных трубопроводов. – М.: Департамент добычи нефти и газа, 2009 – 8с.
35. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. – М.: Стандартиформ, 2008 – 2с.
36. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартиформ, 2011 – 3с.
37. ГОСТ 4919.2-77. Реактивы и особо чистые вещества. Методы приготовления буферных растворов. – М.: Стандартиформ, 1978 – 1с.