

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
<b>Гель на основе природных полимеров как тест-система диагностики коррозии металлов</b>

УДК : 62-404.8:577.11:620.193

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Лю Яцинь		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Дубинина О.В.	к.х.н		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Дубинина О.В.	к.х.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И. В.	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД, ИШНКБ	Сечин А. И.	д.т.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		
Доцент ОМ ИШНПТ	Лямина Г.В.	к.х.н		

**Результаты обучения по направлению**  
**22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-8, ПК-11), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.4, 4.8)
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.2, 4.3, 4.7, 4.8)
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 3.1, 3.2, 3.3), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FЗадачи...EANI</i>
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 6, 7, 11, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.4, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.3, п. 2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-10, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-12, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1, 4.3, 4.4, 4.6, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-19), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
О.Ю. Ваулина  
 (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)

\_\_\_\_\_  
 (Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>бакалаврской работы</b>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б72	Лю Яцинь

Тема работы:

<b>Гель на основе природных полимеров как тест-система диагностики коррозии металлов</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 57-53/С от 26.02.2021
Срок сдачи студентом выполненной работы:	14 июня 2021 года

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Исследовать полимерный гель на основе природного пектина, как тест-систему для диагностики коррозии металлов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнить литературный обзор по трем направлениям: полимерные гели; свойства полимерных гелей; применение полимерных гелей.</li> <li>2. Синтезировать полимерный гель на основе яблочного пектина.</li> <li>3. Изучить изменение поверхности металла после контакта с полимерным гелем методами оптической микроскопии и РЭМ. Сравнить данные с результатами, полученными в жидком электролите.</li> <li>4. Исследовать процессы, протекающие на границе раздела металл-полимерный гель и металл-жидкость, методом потенциометрии.</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И. В., доцент, к.т.н
Социальная ответственность	Сечин А. И., профессор ОКД, ИШНКБ, д.т.н
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	20.03.2021г.

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Дубинина О.В	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б72	Лю Яцинь		

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

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
154Б72		Лю Яцинь	
<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>			
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>		<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>		<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>		<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>			
1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>		<i>Анализ конкурентоспособности</i>	
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>		<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>	
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>		<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>		<i>Интегральный показатель ресурсоэффективности.</i>	
<b>Перечень графического материала</b>			
1. Оценка конкурентоспособности ИР			
2. Матрица SWOT			
3. Диаграмма Ганта			
4. Бюджет НИ			
5. Основные показатели эффективности НИ			
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>			13.04.2021 г.

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Лю Яцинь		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
154Б72		Лю Яцинь	
<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

<b>Гель на основе природных полимеров как тест-система диагностики коррозии металлов</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект: Полимерный гель, на основе яблочного пектина, как тест-система диагностики коррозии металлов
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. 5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Авария, взрыв, пожар
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	13.04.2021 г.

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Лю Яцинь		

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов  
Отделение школы Отделение материаловедения  
Уровень образования: бакалавриат  
Период выполнения: весенний семестр 2021/2022 учебного года  
Форма представления работы:

**Бакалаврская работа**

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:		14.06.2021 г.
Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2021	1. Литературный обзор по теме бакалаврской работы	20
15.04.2021	2. Выполнение эксперимента по теме работы	20
15.05.2021	3. Обсуждение результатов и оформление работы	35
10.05.2021	Финансовый менеджмент	15
10.05.2021	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Дубинина О.В.	к.х.н.		10.02.21

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		

## Реферат

**Выпускная квалификационная работа:** 74 с., 22 рис., 18 табл., 35 источников, 1 приложение.

**Ключевые слова:** полимерный гель, коррозия металлов, потенциометрия, граница раздела.

**Объектами исследования являются:** высоколегированная сталь 440С; низколегированная сталь У8А; технически чистый титан ВТ1-0.

**Цель работы** – определение возможности использования геля на основе яблочного пектина в качестве тест-систем для оценки коррозионной устойчивости металлов.

**В процессе исследования проводились:** обзор литературы, посвященный современному состоянию применения полимерных гелей в различных областях человеческой деятельности; оценка полимерного геля на основе яблочного пектина, как тест-системы для оценки коррозионной стойкости металлов в средах, имитирующих внутреннюю среду организма человека.

**Методы исследования:** оптическая микроскопия, растровая электронная микроскопия, потенциометрия.

**В результате исследований синтезирован** полимерный гель на основе яблочного пектина и исследованы процессы, протекающие на границе раздела полимерный гель–металл. Установлено, что в среде полимерного геля на основе яблочного пектина коррозионная устойчивость металлов выше, по сравнению с коррозионной стойкостью металлов в растворе.

**Степень реализации:** НИР

**Сфера применения:** решение актуально как для производителей медицинских имплантов, так и для медицинских учреждений, где импланты вживляются в организм человека или животного.

**Экономические преимущества:** разработанный полимерный гель на основе яблочного пектина готовится из дешевого, доступного и экологически чистого сырья, производимого на территории РФ.

## **Список условных сокращений**

РЭМ – растровая электронная микроскопия

СЭМ – сканирующая электронная микроскопия

PNIPAA – поли (N-изопропилакриламид)

NIPAA – акрилатный сополимера натрия

GLEED – полимерный гелевый светоизлучающий прибор

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	13
<b>1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР</b> .....	15
1.1 Полимерные гели.....	15
1.2 Факторы, определяющие свойства полимерных гелей.....	17
1.2.1 Слабопроводящие полимерные гели.....	17
1.2.2 Ионосодержащие полимерные гели.....	18
1.2.3 Набухание полимерных гелей.....	19
1.2.4 Гелиевый коллапс.....	20
1.2.5 Восприимчивые гели.....	21
1.2.5.1 Термочувствительные гели.....	21
1.2.5.2 Гели, чувствительные к составу растворителя.....	22
1.3 Применение полимерных гелей.....	23
1.3.1 Протеазы, инкапсулированные в полимерные композиты: методы синтеза и применение .....	23
1.3.2 Диффузия в полимерных гелиевых имплантатах .....	24
1.3.3 Суперконденсаторы на основе композита из углерода с редокс-полимерным гелем.....	25
1.3.4 Приготовление гелиевого полимерного электролита.....	26
1.3.5 Испытание технологии предварительно сформированных частиц полимерного геля на модели фильтрации керна для ограничения притока воды.....	26

1.3.6	Метод получения полимерного геля с сетчатой структурой для приготовления порошка AlN.....	27
1.3.7	Светоизлучающие приборы на основе полимерных гелей.....	28
<b>2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ.....</b>		<b>30</b>
2.1	Приборы и материалы.....	30
2.2	Синтез полимерных гелей.....	30
2.3	Объекты исследования.....	31
2.4	Методы исследования.....	31
<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....</b>		<b>33</b>
3.1	Изучение границы раздела сталь/гель.....	33
3.2	Изучение границы раздела титан/гель.....	37
<b>4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....</b>		<b>39</b>
	Введение.....	39
4.1	С точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценить бизнес-потенциал и перспективы научных исследований.....	40
4.1.1.	Потенциальные потребители результатов исследования.....	40
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	41
4.1.3	Технология QuaD.....	43
4.1.4	SWOT-анализ.....	44
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	47

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	47
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	49
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	49
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	50
4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	52
4.3.4 Накладные расходы.....	52
4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	53
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
4.5 Выводы по разделу.....	54
<b>5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>54</b>
5.1 Введение.....	54
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	55
5.3 Производственная безопасность.....	57
5.4 Анализ вредных производственных факторов.....	58
5.5 Анализ опасных производственных факторов.....	60
5.6 Экологическая безопасность.....	62
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
5.8. Выводы по разделу.....	64
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>65</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>66</b>

<b>СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ</b> .....	67
<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	68
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> .....	72

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в медицинской практике металлические сплавы широко используются для замены полностью утраченных или поврежденных частей костной ткани. Однако, перед использованием подобных сплавов необходимо проверить их ключевые эксплуатационные характеристики. Одним из наиболее значимых свойств является коррозионная стойкость.

Известны различные методы оценки коррозионной стойкости металлов. Зачастую, устойчивость к коррозии металлов оценивают микроскопическими, поляризационными и потенциометрическими методами. Для имитации внутренней среды живого организма очень часто используют растворы Рингера, Хэнка, физиологический раствор и другие. Стоит отметить, что в реальности подобные металлические конструкции взаимодействуют не только с жидкостью, но и с твердыми составляющими живого организма (внутренние органы, костная ткань и т.д.). Поэтому мы предположили, что коррозионная стойкость металлов может быть оценена в полимерном геле, где гель – это каркас твердого тела с распределенной в нем жидкостью. Звенья полимерного геля участвуют в образовании агрегатов по всему объему и формируют уникальную наноструктуру геля. Поэтому полимерный гель можно представить как систему нанореакторов, где протекают реакции имитирующие процессы в организме человека.

Реакции, протекающие при взаимодействии геля с металлом, будут отличаться от таковых в растворах. На границе раздела «гель-металл» концевые функциональные группы полимеров активно взаимодействуют с поверхностью металла, при этом обратные реакции практически отсутствуют и отвод продуктов взаимодействия в объем полимера будет затруднен. Это приводит к возникновению побочных реакций и принципиально другой морфологии и фазового состава поверхности металла по сравнению с таковыми в жидкой среде. В связи с этим, необходимо осуществлять коррозионные испытания металлов в среде гелей, как и в среде растворов.

Наша работа посвящена испытанию коррозионной устойчивости металлов в среде полимерного геля на основе яблочного пектина. Полимерный гель на основе яблочного пектина имеет функциональные группы (-COOH, -OH, -CH<sub>3</sub>) такие же, что содержатся у аминокислот, пептидов, ферментов и т.д.

Цель нашей работы – определение возможности применения геля на основе яблочного пектина в качестве тест-систем для оценки коррозионной устойчивости металлов.

Для достижения поставленной цели предполагалось решить следующие задачи:

1. Синтезировать полимерный гель на основе яблочного пектина;
2. Оценить состояние поверхности металлов после адгезионного контакта с гелем при помощи оптической микроскопии и сравнить с результатами выдержки образцов в жидком электролите;
3. Оценить состояние поверхности металлов после адгезионного контакта с гелем при помощи растровой электронной микроскопии и сравнить с результатами после выдержки образцов в жидком электролите;
4. Провести потенциометрические измерения для оценки коррозионной устойчивости металлов в среде геля и в жидком электролите.

# 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В связи с выбранной темой исследования в литературном обзоре были описаны следующие направления: основные типы полимерных гелей, их свойства и области применения.

## 1.1 Полимерные гели

Гели можно классифицировать по-разному, например, природные гели или синтетические гели, гидрогели или органические гели, в зависимости от полимерной сетки; и химические или физические гели, в зависимости от степени их сшивки. Гидрогель – это полимерный материал, который может набухать в воде. Разнообразные природные материалы, полученные из животных и растений, полимерный материал, полученный путем модификации природных структур и сшитых продуктов, представляет собой гидрогель. Типичные природные гели могут быть преобразованы в белки или полисахариды, такие как желатин, пектин, агароза, каррагинан и агар, просто путем охлаждения биологического водного раствора.

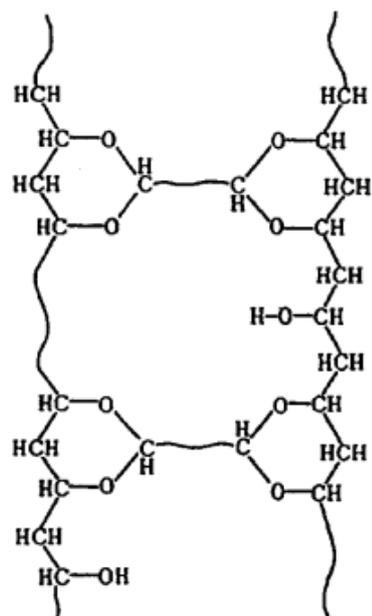
Структура полимерного геля представляет собой пространственный каркас, занимая промежуточное положение между жидкостью и твердым телом. Пространственная сетка образуется при взаимодействии функциональных групп полимера с наполнителями матрицы, а также при взаимодействии функциональными группами внутри макромолекул. Так как в полимерной матрице присутствует жидкая фаза, то это позволяет вводить в структуру геля различные модификаторы [1].

Полимерный гель состоит из эластичной сшитой полимерной сетки с жидким наполнителем, образующим межузельные пространства сетки. Полимерная молекулярная сетка удерживает жидкость в определенных местах, поэтому гель имеет определенную жесткость. Гель влажный и мягкий, но выглядит твердым и выдерживает большие деформации. Фибриновый сгусток – это типичный мономер биогеля, образующийся в результате полимеризации

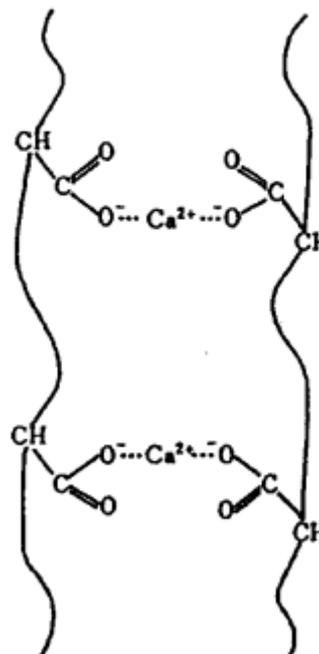
фибриногена в результате ряда ферментативных реакций [2]. Подготовленные синтетические методы нескольких органических систем показали аналогичные свойства. Когда разбавленный раствор поливинилхлорида охлаждается, бис(2-этилгексил)фталат образует гель [3]. Типичными примерами ковалентно-сшитых сеток являются сополимеры стирола и дивинилбензола, набухшие в органических растворителях, и ионообменные смолы, изготовленные из сшитого полистиролсульфоната, полипарааминостирола или метакриловой кислоты. Соплимер 2-гидроксиэтил-этиленгликольдиметакрилат набухает в воде и является типичным материалом, используемым для производства.

Полимерный гель представляет собой сеть гибких сшитых цепей. Этот тип структуры может быть получен с помощью химических или физических процессов. Некоторые гели химически сшиты ковалентными связями (химические гели), в то время как другие гели физически сшиты за счет слабых сил, таких как водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса или гидрофобные и ионные взаимодействия (физические гели). Процесс физического гелеобразования обычно обратим и называется золь-гель переходом.

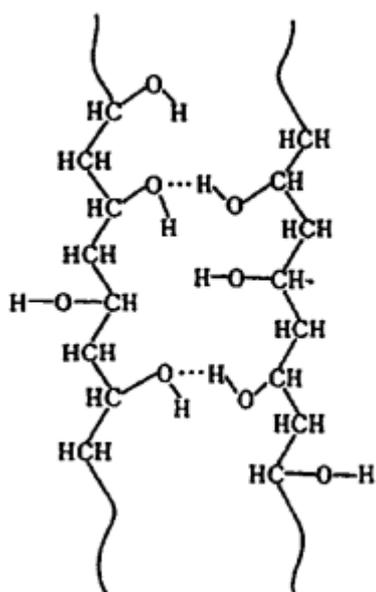
Полимерный гель представляет собой сеть гибких сшитых цепей. Этот тип структуры может быть получен с помощью химических или физических процессов. Некоторые гели химически сшиты ковалентными связями (химические гели), в то время как другие гели физически сшиты за счет слабых сил, таких как водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса или гидрофобные и ионные взаимодействия (физические гели). Процесс физического гелеобразования обычно обратим и называется золь-гель переходом. Окончательная структура и свойства геля зависят от метода приготовления. Некоторые примеры химического сшивания и физического сшивания показаны на рисунке 1.1.



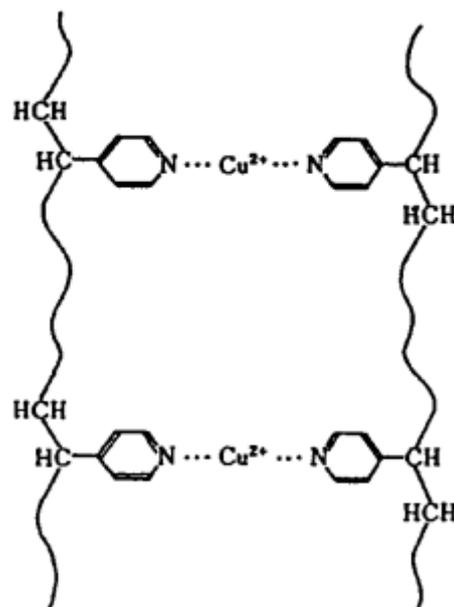
Ковалентная связь



Каллен ключ



Водородная связь



Координационная связь

Рисунок 1.1 – Схематическая диаграмма, показывающая химическое и физическое сшивание [1].

## 1.2 Факторы, определяющие свойства полимерных гелей

### 1.2.1. Слабопроводящие полимерные гели

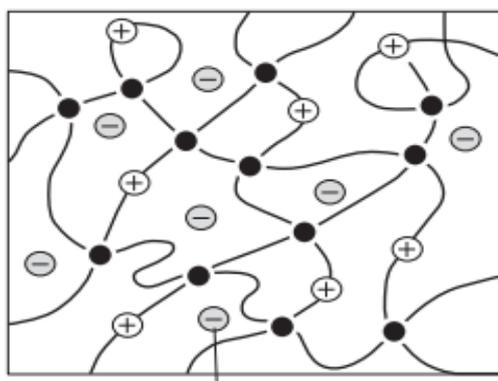
*Силы Ван-дер-Ваальса.* Свойства полимерных гелей без ионогенных компонентов определяется не кулоновскими взаимодействиями, а силами Ван-

дер-Ваальса, представляющие собой гидрофобные взаимодействия и водородные связи. На природе сил Ван-дер-Ваальса основано взаимодействие между незаряженными атомами или молекулами вблизи атомов. Добавление термодинамически нестабильного растворителя в гель может усилить взаимное притяжение между компонентами геля [4].

*Водородная связь.* Водородная связь является источником водорода ковалентно связанного с электроотрицательным атомом (например, O или N), где присутствует дефицит электронной плотности. Этот дефицит электронов может быть компенсирован смещением атома водорода к атому, имеющему неподеленную пару электронов.

*Гидрофобные взаимодействия.* Общая свободная энергия системы увеличивается с температурой, и эффект гидрофобного взаимодействия также возрастает. Гидрофобное взаимодействие в полимерном геле может быть изменено путем подсчета количества гидрофильных и гидрофобных групп в системе. Гидрофобность может быть достигнута, в частности, путем введения боковых цепей гидрофобных заместителей, таких как n-алкильные группы. Чем длиннее нормальная алкильная цепь, тем сильнее гидрофобность.

### 1.2.2 Ионосодержащие полимерные гели



Free ions

Рисунок 1.2 – Принципиальная схема полиэлектролитного геля, содержащего положительно заряженные ионы и низкомолекулярные отрицательные противоионы, которые могут свободно перемещаться по всему объему геля [4].

Важной частью поведения геля является то, что ионизирующие группы являются электростатическими. Эти взаимодействия находятся в заряженном полимерном геле. В слабопроводящих гелях большинство

мономерных звеньев не ионизированы. Не последнюю роль в свободной

энергии системы играют некулоновские взаимодействия. При анализе электростатических взаимодействий, можно учесть такие факторы как энергия переноса противоионов, кулоновские взаимодействия между заряженными группами, образование ионных пар и т. д. [5].

Ионные пары могут значительно влиять на полимерные гели. Даже если они оказывают небольшое влияние на число ионных пар, это также связано с их мощными диполями: силой притяжения диполей. Эти взаимодействия приводят к тому, что ионные пары объединяются в несколько групп, которые действуют как сшивки в полимерном геле (рис. 1.2).

### 1.2.3 Набухание полимерных гелей

Уникальная способность поглощать жидкость характерна для полимерных гелей с высоким содержанием ионогенных компонентов – полимерные электролиты. В жидкой среде они диссоциируют с образованием заряженных функциональных групп и низкомолекулярных противоионов. В процессе диссоциации полимерных гель-электролитов ионы одного заряда связаны с полимерной матрицей, в то время как противоположно заряженные ионы свободно располагаются в жидкой фазе. Полимерные звенья, имеющие одинаковый заряд, отталкиваются друг от друга. В результате такого эффекта, полимерные цепи, изначально свернутые в клубки, сильно растягиваются.

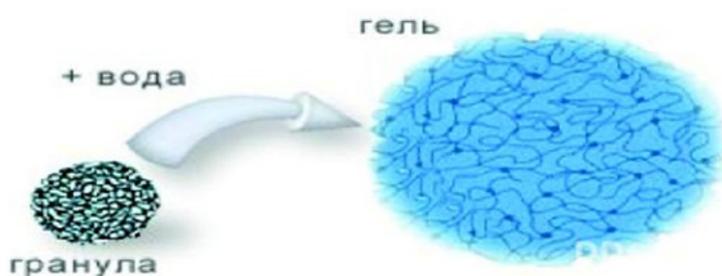


Рисунок 1.3 – Набухание полимерного геля [6].

Поэтому объем полимерного геля увеличивается в разы и гель набухает при поглощении жидкости (рис. 1.3).

Немаловажную роль в процессе набухания полимерных гелей играют низкомолекулярные компоненты. Они обеспечивают электронейтральность геля, свободно перемещаясь в жидкой среде. Эффект набухания полимерного геля создается при повышении осмотического

давления внутри матрицы, которое вызвано тем, что низкомолекулярные компоненты стараются занять в полимере как можно больший объем. На основании выше сказанного, можно выделить два условия, на основании которых происходит процесс набухания полимерных гелей в жидкости: электростатическое отталкивание одинаково заряженных функциональных групп и осмотическое давление противоионов [6].

### 1.2.4 Гелиевый коллапс

Если сила отталкивания доминирует во взаимодействии между полимерными цепями в структуре геля, гель будет сильно набухать, демонстрируя сверхадсорбирующую способность.

Явление коллапса заключается в том, что из-за небольших изменений внешних факторов (температура, pH, различные добавки, поверхностно-

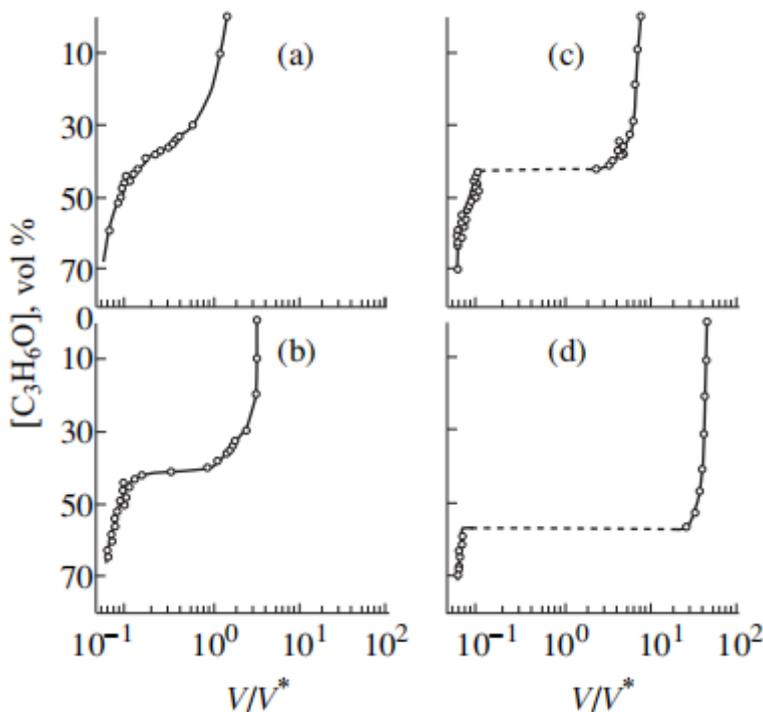


Рисунок 1.4 – Коллапс полиакриламидных гелей, набухших в водно-ацетоновых смеси: (а) исходный гель; (б) выдержка 2 дня; (в) 6 дней; (г) 60 дней [6].

активные вещества и т. д.) объем геля значительно уменьшается в несколько десятков или сотен раз. Для макроскопических объектов изменение объема геля во время коллапса является обратимым и может наблюдаться визуально.

Движущая сила перехода от состояния набухания полимерного геля к его коллапсу – нарушение равновесия между силами притяжения и отталкивания в полимерной матрице в результате воздействия внешних факторов.

На рисунке 1.4 представлено явление коллапса в полиакриламидном

геле в водно-ацетоновой смеси. Образцы геля, набухшие в воде, демонстрируют сокращение при добавлении ацетона к водному раствору. По мере увеличения времени выдержки образцов геля в водно-ацетоновой смеси, изменение объема геля при коллапсе увеличивается.

### **1.2.5 Восприимчивые гели**

Вблизи перехода к коллапсу полимер может очень внезапно и обратимо менять свой объем. Такая реакция полимерного геля возникает в результате небольших изменений внешних факторов (температура, pH, состав растворителя и т. д.). Из-за этой способности эти полимерные системы называются восприимчивыми или “умными” гелями.

Чувствительность полимерных гелей к изменениям того или иного внешнего фактора зависит от химического состава, то есть наличия атомных групп, на которые воздействует этот фактор. В соответствии с факторами, которые вызывают изменение фазы, чувствительные гели можно разделить на несколько основных категорий, которые чувствительны к температуре (термочувствительные гели), составу растворителя, pH, ионам, свету (светочувствительные гели), электрическим полям, биохимическим факторам и т. д.

#### **1.2.5.1 Термочувствительные гели**

Термогели подразделяются на три категории в зависимости от того, вызывает ли повышение температуры расширение, разрушение или комбинированное поведение. Реакция полимерного геля на температуру определяется характером взаимодействия при фазовом переходе. В том случае, если коллапс геля определяется силами Ван-дер-Ваальса или водородными связями, то при повышении температуры набухание полимерного геля возрастает. Полимерные гели, которые подвергаются коллапсу, вызванному гидрофобными взаимодействиями при нагревании, проявляют уменьшение в объеме, так как повышение температуры вызывает более сильные гидрофобные

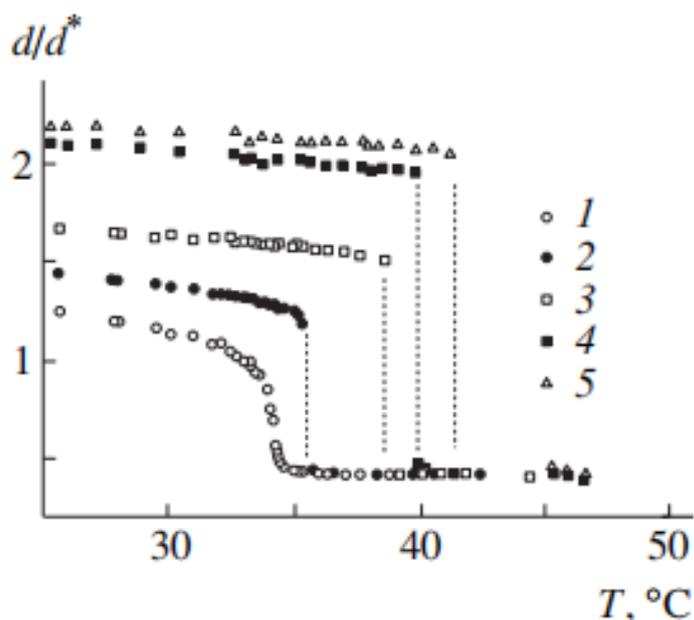


Рисунок 1.5 – Температурный коллапс в PNIPAA гелях с различным содержанием заряженных фрагментов натрия акрилата [7].

растворе ацетона, а катионный гель акриламид-триметил-(N-акрил-3-аминопропил) йодид-аммониевый сополимер набухает в 40% водном растворе [7]. Поли (N-изопропилакриламид) (PNIPAA) гель является одной из наиболее интенсивно изученных термочувствительных полимерных систем. При комнатной температуре гель PNIPAA находится в набухом состоянии, но разрушается при нагревании до  $33^{\circ}\text{C}$ . Этот эффект можно объяснить увеличением температуры гидрофобных взаимодействий между неполярными группами в полимере. Это сопровождается выделением структурированных молекул воды на поверхности этих групп, что приводит к увеличению общей энтропии системы. Было показано, что дегидратация одного мономерного звена в PNIPAA сопровождается выделением 13 молекул воды. Многие другие полимерные гели демонстрируют разрушение после нагревания, в основном поли (N-алкилакриламидные) гели, а также поли (винил) метиловый эфир и поли (N-винилкапролактамы) (рис. 1.5).

### 1.2.5.2 Гели, чувствительные к составу растворителя

Почти для всех гелей мы можем выбрать неподходящие растворители,

притяжения полимерных звеньев внутри матрицы.

Нагревание геля может сопровождаться двумя типами фазовых переходов – набуханием и коллапсом. В то же время повышение температуры будет вызывать непрерывный фазовый переход типа набухание-коллапс-набухание-коллапс. Например, анионный гель сополимера акриламида и винилсульфоната натрия набухает в 65% водном

добавки которых приведут к разложению геля.

Компоненты смешанного растворителя могут быть неравномерно распределены между гелем и раствором. Для набухших гелей состав смешанного растворителя внутри геля обычно соответствует составу внешнего раствора, и по сравнению с внешним раствором гель богат термодинамически лучше растворенными компонентами.

При определенных условиях мы можем наблюдать двойной возвратный фазовый переход. Например, слабо заряженный гель на основе NIPAA-акрилатного сополимера натрия, набухшего в смеси из воды и метанола дважды подвергается возвратному фазовому переходу, когда концентрация этанола постепенно увеличивается. Это можно объяснить перераспределением компонентов растворителя между твердой и жидкой фазами полимерного геля. В результате чего выравнивание компонентов растворителя внутри и снаружи полимерной матрицы при равных объемных долях компонентов растворителя обусловлено усилением энтропии смешения [8].

### **1.3 Применение полимерных гелей**

#### **1.3.1 Протеазы, инкапсулированные в полимерные композиты: методы синтеза и применение [9]**

Разработаны методы захвата протеаз в магнитные полимерные шарики. Было показано, что захваченный трипсин и карбоксипептидаза В сохраняют 80 и 65% их первоначальной активности. В качестве полимерной матрицы применяли синтетический термочувствительный полимер – поли (N-винилкапролактан), а также различные природные и модифицированные полимеры (альгинат, хитозан, сульфат хитозана) (рис. 6).

Было показано, что захваченный трипсин и карбоксипептидаза В сохраняют 80 и 65% их первоначальной активности. В качестве полимерной матрицы применяли синтетический термочувствительный полимер – поли (N-винилкапролактан), а также различные природные и модифицированные полимеры (альгинат, хитозан, сульфат хитозана) (рис. 1.6).

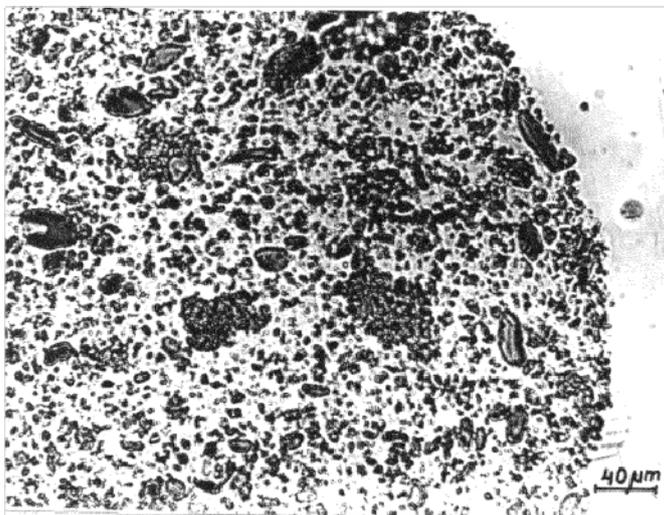


Рисунок 1.6 – The ПВКЛ-Са шарики с инкапсулированным энзимом [9].

На основе этих полимеров были изготовлены повязки, наполненные тромбином и пептидами. Пленочный тромбин и пептиды (рецептор тромбина пептид-агонист TRAP-6 и пептид-агонист рецептора трипсина Ag-PAR-2) заметно ускорили процессы заживления кожных

послеоперационных ран. Ускорение пролиферации и неоваскуляризации фибробластов в образцах грануляционной ткани также свидетельствовали о стимулирующем эффекте заживления ран инкапсулированными тромбинами и пептидами.

### 1.3.2 Диффузия в полимерных гелиевых имплантатах [10]

Гели на основе сшитого сополимера полиакриламида и поливинилпирролидона использовались как подкожные импланты, наполненные мечеными иммуноглобулином, лютеинизирующим гормоном, бычьим сывороточным альбумином, инсулином, [<sup>3</sup>H] простагландином F<sub>2α</sub> и Na<sup>125</sup>I. По скорости абсорбции растворенных веществ, были определены их коэффициенты диффузии. Значения коэффициентов диффузии показали логарифмическую зависимость концентрации полимера от молекулярной масса растворенного вещества. Высвобождение растворенных веществ из полимерного геля препаратов 10 мМ фосфатный буфер (рН 7,2) при 37° С

показало аналогичное соотношение между коэффициентом диффузии растворенного вещества, молекулярным весом и концентрацией полимера. Было получено основное уравнение, которое описывает предполагаемый коэффициент диффузии вещества в полимерном геле в зависимости от его молекулярного веса, коэффициента диффузии в растворителе и концентрации полимерного геля.

### 1.3.3 Суперконденсаторы на основе композита из углерода с редокс-полимерным гелем [11]

Авторы работы, синтезировали гель на основе (2,2,6,6-тетраметил-1-пиперидинилокси-4-бутилметакрилата). Гибридный электрод изготавливается путем включения в гель активированного угля с большой площадью поверхности и углеродные нанотрубки (рисунок 7А). Слоистая морфология суперконденсатора получена методом последовательного осаждения.

Ученые показали, что по сравнению с двухслойными поверхностными

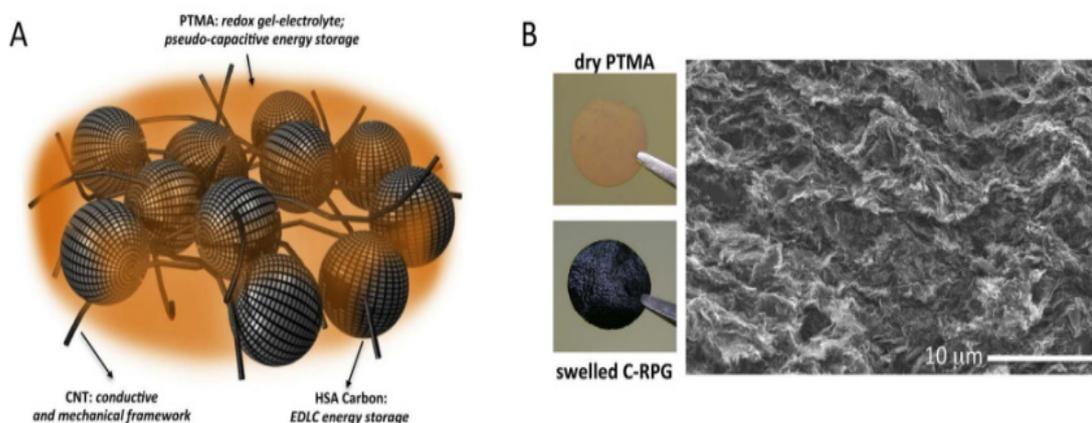


Рисунок 1.7 – Гибридный гелевый суперконденсатор с углеродными частицами (А) Углеродная прокладка с высокой поверхностной активностью встроена в гель для создания гибридного композитного электрода. (В) СЭМ-изображение электрода. Вставка: оптическая микрофотография высохших частиц геля (вверху) и набухшего электрода (внизу) [11].

ионами на органическом углеродном электроде, различные псевдоконденсаторы с органическими радикалами обладают потенциалом для сверхбыстрого обратимого объемного накопления окислительно-восстановительного заряда (рис. 1.7).

Композит демонстрирует идеальные свойства электрода, такие как высокая электрическая и ионная проводимость, а также отличная циклическая стабильность. Такие гибридные угольные электроды из окислительно-восстановительного полимера и геля поддерживают беспрецедентную скорость разряда при 1000 °С с 50% от номинального значения.

### 1.3.4 Приготовление гелиевого полимерного электролита [12]

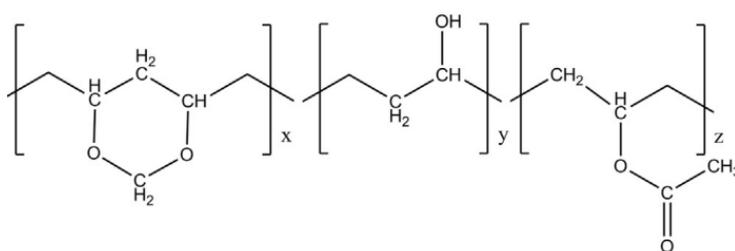


Рисунок 1.8 – Молекулярная структура поливинилформалей [12].

Разработан новый тип полимерного гель-электролита на основе поливинилформалей с молекулярной массой 70 000. Как показано на рисунке 8, слабополярная группа СО

прочно соединена с неполярной частью. С одной стороны, процентное содержание сложноэфирных связей и гидроксильных групп определяет растворимость поливинилформалей в органических растворителях, с другой – это важный параметр, определяющий степень полимеризации (рис. 1.8).

При получении гелеобразного полимерного электролита поливинилформаль можно использовать без дополнительной очистки. Было обнаружено, что образованный гелевый полимерный электролит может эффективно связывать компоненты батареи, такие как сепараторы и пористые электроды.

### 1.3.5 Испытание технологии предварительно сформированных частиц полимерного геля на модели фильтрации зерна для ограничения притока воды [13]

В целях снижения обводненности скважин и выравнивания профилей их приемистости, перспективы внедрения полимерных гелей весьма многообещающи. Рассмотрены технологии применения полимерных гелей на месторождениях России. Частицы полимерного геля, являясь суперсорбентом

на основе полиакриламида, поглощают воду, становятся эластичными, что позволяет им сжиматься и проникать в узкие каналы фильтрации. Когда полимер проникает в слои породы насыщенные водой, частицы полимера накапливаются в переувлажненных промежутках, образуя полимерную пробку, которая перераспределяет фильтрационные потоки и увеличивает охват увлажнения пласта за счет вытеснения нефти.

Авторы работы синтезировали полимер на основе полиакриламида



Рисунок 1.9 – Тип полимера в сухом состоянии (а) и после контакта с соленой водой (б) [13].

методом блок-полимеризации (рис. 1.9), что позволило придать полимеру высокую абсорбционную способность

Эксперименты по фильтрации проводились на моделях ядра с разработанным авторами составом, который

ориентирован на низкие пластовые температуры и высокую минерализацию пластовых вод. В результате экспериментов было установлено, что набухшие частицы геля способны переходить в трещины диаметром меньше собственного размер менее в 20 раз. Частицы полимерного геля обладают необходимой прочностью для применения в полевых условиях. Проницаемость трещин при закачке полимера снижается в несколько раз.

### 1.3.6 Метод получения полимерного геля с сетчатой структурой для приготовления порошка AlN [14]

В данной статье представлена методика синтеза керамики на основе AlN. Прекурсоры AlN синтезированы методом полиакриламидного геля с аммиаком в виде осадитель, сахарозой и активированным углем в качестве источника углерода. В качестве мономера использовали  $C_3H_5NO$ , а в качестве сшивающей сетки –  $C_7H_{10}N_2O_2$ .  $(NH_4)_2S_2O_8$  использовался в качестве инициатора. А  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  использовался в качестве источника алюминия.

Полимерная сетка геля образована функциональными группами за счет активации двойных связей в акриламиде.

### 1.3.7 Светоизлучающие приборы на основе полимерных гелей [15]

Полимеры могут иметь разные формы и агрегатные состояния, такие как твердые пленки, растворы и гели. Полимерный гель является промежуточной фазой между раствором полимера и твердой пленкой. Традиционные электролюминесцентные устройства с сопряженными полимерами представляют собой тонкопленочные твердотельные устройства, состоящие из тонкой полимерной пленки, зажатой между двумя электродами. В последнее время появился светоизлучающий прибор на основе полимерных растворов. В этой работе авторы говорят о генерации люминесценции из полимерного геля в компактной конфигурации ячейки. Этот уникальный полимерный гелиевый светоизлучающий прибор (GLED) состоит из тонкого слоя полимерного геля, зажатого между двумя электродами/стеклом подложки (рис. 1.10). Спектр излучения согласуется со спектром фотолюминесценции, полученный от полимерного геля.

Ожидается, что физические механизмы, такие как инжекция и перенос заряда, уже не будут иметь большого расстояния, наблюдаемого в разбавленных растворах полимеров, будут ближе к характеристикам тонкопленочных светодиодов из твердых полимеров.

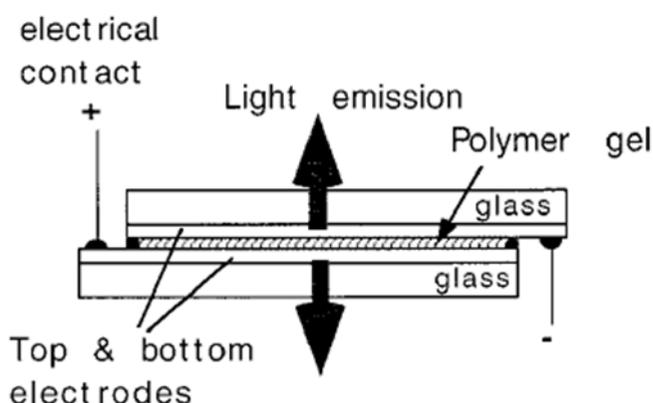


Рисунок 1.10 – Структура полимерного GLED. ITO применяли, как катод, и как анод [15].

Доказано явление свечения, создаваемое устройством с использованием полимерного геля в качестве активной среды. Процесс производства GLED очень прост, обычно включает три этапа. На первом этапе

небольшое количество полимерного геля осаждается на предварительно очищенную верхнюю ITO/стеклянную подложку. Предварительно очищенную ITO/стеклянную подложку следует запекать при 100 °C в течение нескольких часов, чтобы удалить поверхность и предотвратить попадание влаги перед использованием. Затем поместите другой предварительно очищенный ITO/стеклянный субстрат поверх первого ITO/стеклянного субстрата, тем самым поместив полимерный гель посередине. На третьем этапе эти две подложки прижимаются друг к другу под действием внешней силы, тем самым одновременно выталкивая избыток полимерного геля со стороны GLED. После сушки этот дополнительный полимерный гель образует естественное уплотнение по краям, предотвращая тем самым испарение растворителя из многослойной структуры.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ

### 2.1 Приборы и материалы

Использованные в работе приборы и материалы приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. – Приборы и материалы

Приборы	Материалы
1) Цифровой мультиметр Mastech MAS838 57762	1) Яблочный пектин (ХЧ)
2) Аналитические весы Acculab ALC-210D4	2) Лимонная кислота (ХЧ)
3) Магнитная мешалка MS-3000 Biosan	3) Сахароза (ХЧ)
4) Оптический металлографический микроскоп ЛОМО ЕС МЕТАМ РВ- 21 – 1	4) Раствор Рингера (ХЧ)
5) Растровый электронный микроскоп «LEO EVO 50» (Zeiss, Германия)	5) Образцы: <ul style="list-style-type: none"><li>• Высоколегированная сталь 440 С;</li><li>• Низколегированная сталь У8А;</li><li>• Технически чистый титан ВТ1-0.</li></ul>

### 2.2 Синтез полимерных гелей

Для получения полимерных гелей по методике, представленной в [16], были использованы: яблочный пектин ( $(C_5H_7O_4COOH)_n$ ), лимонная кислота



Рисунок 2.1 – Полимерный гель на основе яблочного пектина в виде пленки.

( $C_6H_8O_7$ ) и сахароза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ).

Водородный показатель геля – рН ~ 5.

Гели использовали в работе в виде пленок толщиной  $2\text{мм} \pm 0,2\text{мм}$ . Также в работе

применяли 10% раствор яблочного пектина (рис. 2.1).

### 2.3 Объекты исследования

Для тестирования геля были выбраны биоинертные объекты – титан BT1-0, высоколегированная сталь 440С и биоактивный объект – нелегированная сталь У8А (таблица 2.3).

Таблица 2.3. – Химический состав объектов тестирования

Объект	Химический состав	Условия обработки	Характеристика
BT1-0	0,3%Fe, 0,15%Si, 0,05%C, 0,15%O <sub>2</sub> , 0,015%Н <sub>2</sub> , 0,04%N <sub>2</sub> , остальное титан	Шлифовка поверхности (наждачная бумага с зернистостью от Р400 до Р4500)	Размер зерна 15–50 мкм.
440С	0,95%C, 16%Cr, 1%Mn, 0,75%Mo, 0,04%P, 1%Si, 0,03%S, остальное железо	Шлифовка поверхности (наждачная бумага с зернистостью от Р400 до Р4500)	Размер зерна 5–15 мкм.
У8А	0,75%C, 0,2%Cr, 0,17%Mn, 0,025%P, 0,17%Si, 0,018%S, 0,25%Ni, 0,25%Cu, остальное железо	Шлифовка поверхности (наждачная бумага с зернистостью от Р400 до Р4500)	Размер зерна 10–45 мкм.

### 2.4 Методы исследования

Первый способ коррозионных испытаний – оценка морфологии поверхности образцов после их адгезионного контакта с полимерной пленкой (2×2 см). Для контроля изменения поверхности металлов использовали методы оптической микроскопии и растровой электронной микроскопии.

Второй способ коррозионных испытаний – потенциометрия. Исследования проводили с использованием цифрового мультиметра Mastech MAS838 57762. Потенциометрические измерения проводили в двухэлектродной ячейке специальной конструкции, схема которой представлена на рисунке 2.2. В качестве электролита использовали полимерный гель площадью 4 см<sup>2</sup>.

В качестве электрода сравнения (катод) использовали никелевый диск площадью S=502,4 мм<sup>2</sup>. Исследуемый образец (титан и сталь S=456 мм<sup>2</sup>) являлся

рабочим электродом (анодом). Ячейку собирали и фиксировали постоянной силой прижима.

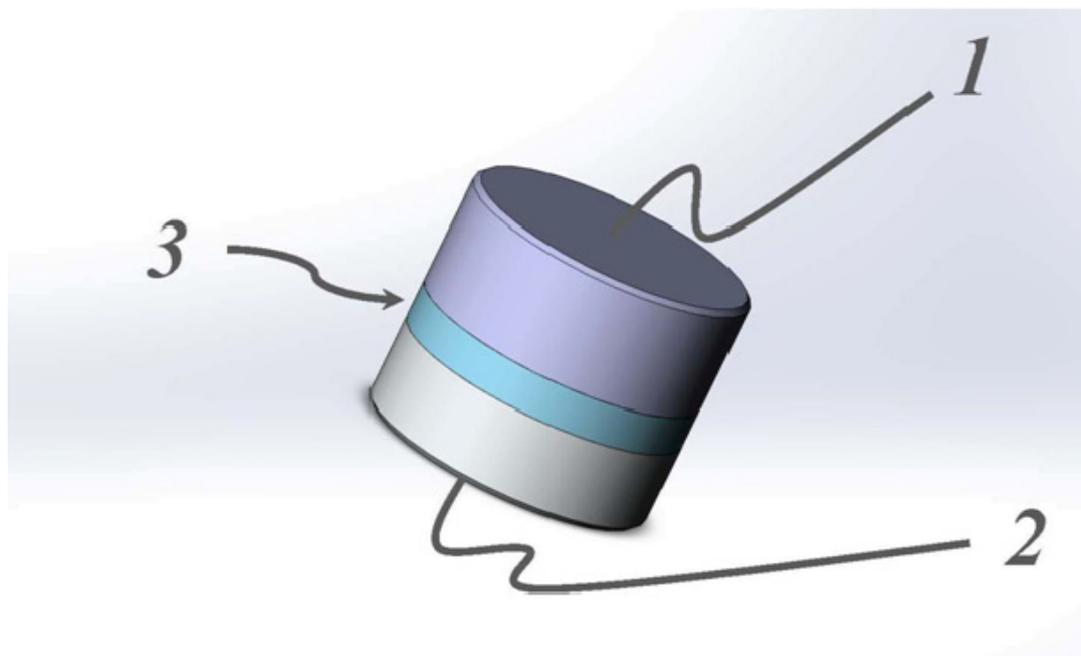


Рисунок 2.2 – Электролитическая ячейка: 1 – электрод сравнения; 2 – рабочий электрод, 3 – электролит.

Измерение потенциала проводили в течении 30 и 50 минут, до установления постоянного значения. Также, потенциометрические измерения проводили в классической двухэлектродной ячейке, в которой электрод



сравнения (катод) – насыщенный хлорсеребряный и рабочий электрод (анод) – исследуемый металл (рис. 2.3).

Потенциометрические кривые были обработаны с помощью программы для численного анализа данных и построения графиков «Origin».

Рисунок 2.3 – Потенциометрический метод анализа коррозии металлов в растворе Рингера.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Благодаря оксидной пленке титан и титановые сплавы имеют высокую устойчивость к коррозии в большинстве сред, хотя оксидный слой может быть частично растворен или поврежден механически [17, 18]. Высоколегированные стали применяются в качестве имплантов в нагруженных местах, например, коленные суставы, благодаря своей прочности и коррозионной устойчивости в различных средах. Однако, несмотря на это существует вероятность появления локальной коррозии, что пагубно скажется на живом организме [19, 20]. В нашей работе в качестве модельного объекта была также рассмотрена низколегированная сталь У8А.

#### 3.1 Изучение границы раздела сталь/гель

Поверхность стали до взаимодействия с гелем обрабатывали механически. Оптические изображения поверхности стали У8А до и после контакта с гелем представлена на рисунке 3.1 *а*. Изображение демонстрирует достаточно четкую границу нахождения полимерной пленки, из которой визуально видна разница воздействия геля на поверхность. После контакта с гелем поверхность стали У8А стала более гладкой, появились отчетливые «сравненные» участки.

На рисунке 3.1 *б* представлено изображение стали У8А после выдержки в растворе Рингера в течение 1 суток. Поверхность стали покрыта неравномерной коррозией. На рисунке 4 *в* представлено изображение стали У8А после контакта с гелем в течение 4 часов и последующей выдержке в растворе Рингера, 1 сутки. Поверхность стали покрыта равномерным коррозионным слоем. Это указывает на то, что полимерный гель при контакте с низколегированной сталью «сравливает» ее защитный поверхностный слой, способствуя равномерному окислению металла в растворе Рингера (рис. 3.1 *в*).

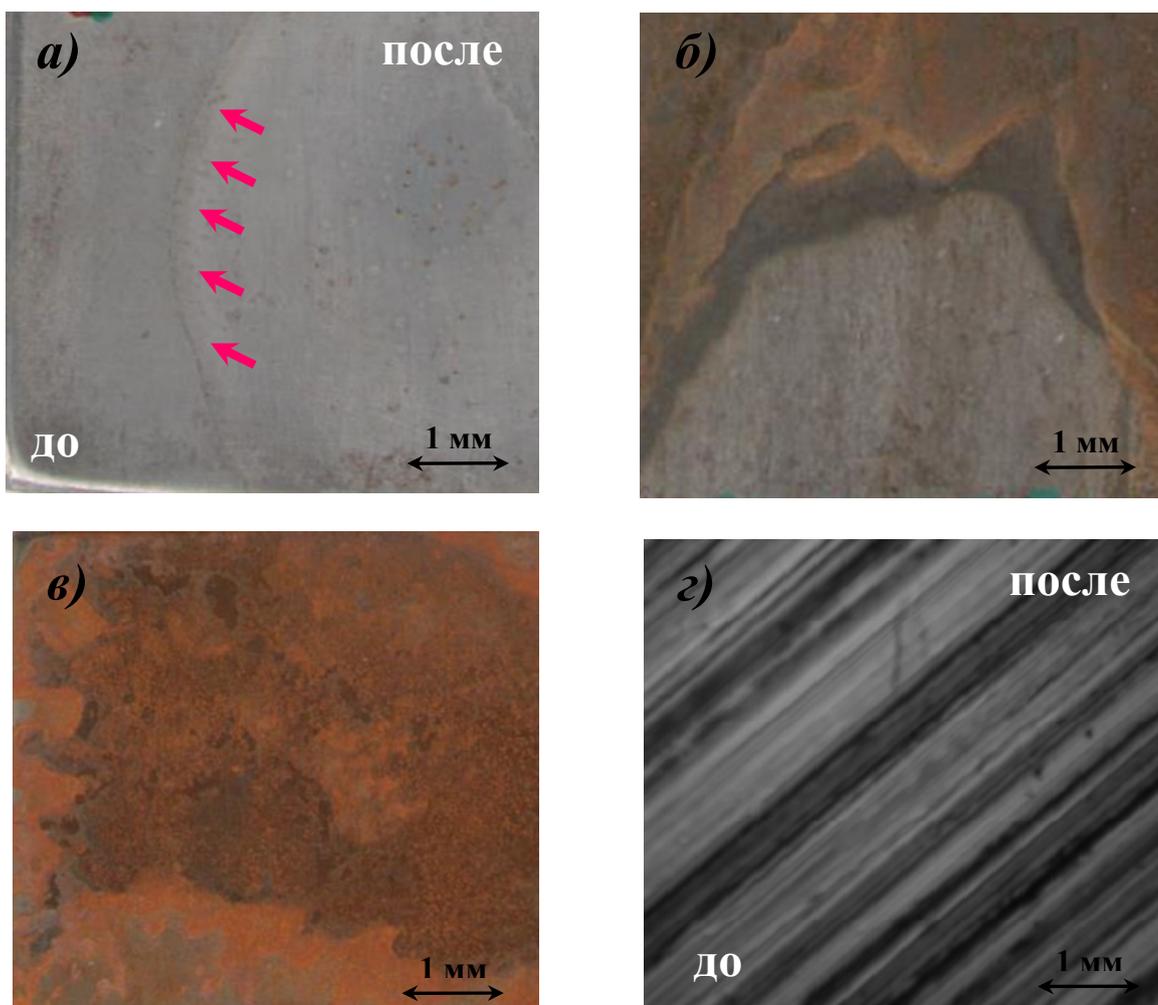


Рисунок 3.1 – Оптические изображения стали У8А до и после нанесения геля на основе яблочного пектина, 4 часа (а); после выдержки в растворе Рингера 1 сутки (б); после контакта с гелем 4 часа и выдержки в растворе Рингера 1 сутки (в) и оптическое изображение стали 440С до и после нанесения геля на основе яблочного пектина.

При контакте полимерного геля с высоколегированной сталью 440С в течение 5 суток, поверхность стали визуально осталась неизменной (рис. 3.1 г).

Более детально рассмотреть поверхность стали У8А после контакта с гелем позволяют РЭМ изображения, представленные на рисунке 3.2. На рисунке 3.2 а представлены изображения стали У8А до и после контакта с гелем на основе яблочного пектина. Видно, что поверхность сглажена, количество дефектов заметно снизилось.

После выдержки стали У8А в растворе Рингера поверхность стали покрыта продуктами коррозии (рис. 3.2 б). Продукты коррозии не полностью заполняют поверхность стали. На рисунке 3.2 в представлена поверхность

стали У8А после контакта с гелем и выдержки в растворе Рингера. Здесь продукты коррозии плотно покрывают поверхность стали.

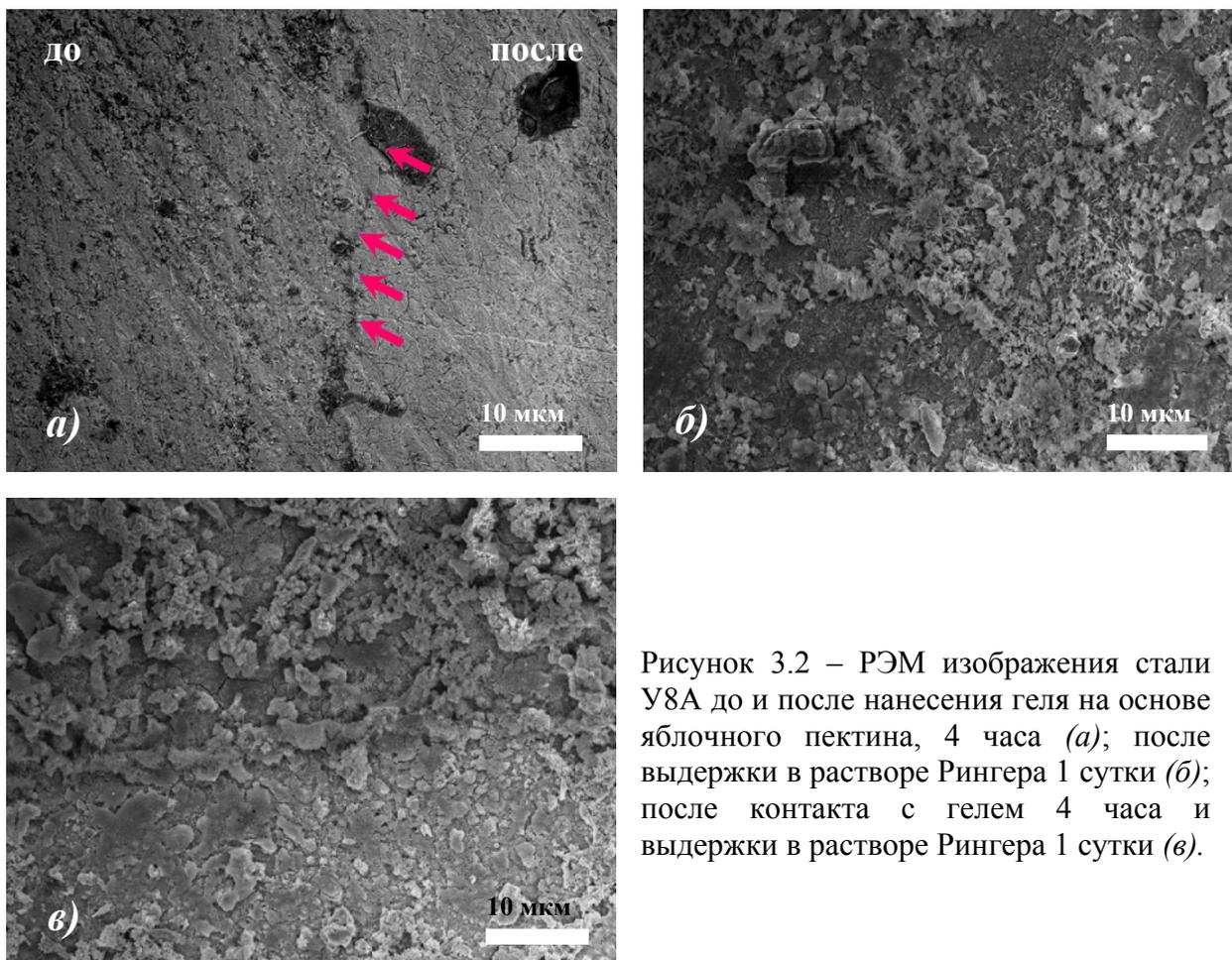


Рисунок 3.2 – РЭМ изображения стали У8А до и после нанесения геля на основе яблочного пектина, 4 часа (а); после выдержки в растворе Рингера 1 сутки (б); после контакта с гелем 4 часа и выдержки в растворе Рингера 1 сутки (в).

Продукты коррозии, образованные на поверхности стали после выдержки в растворе Рингера и контакта с гелем с последующей выдержкой в растворе Рингера отличаются (рис. 3.3).

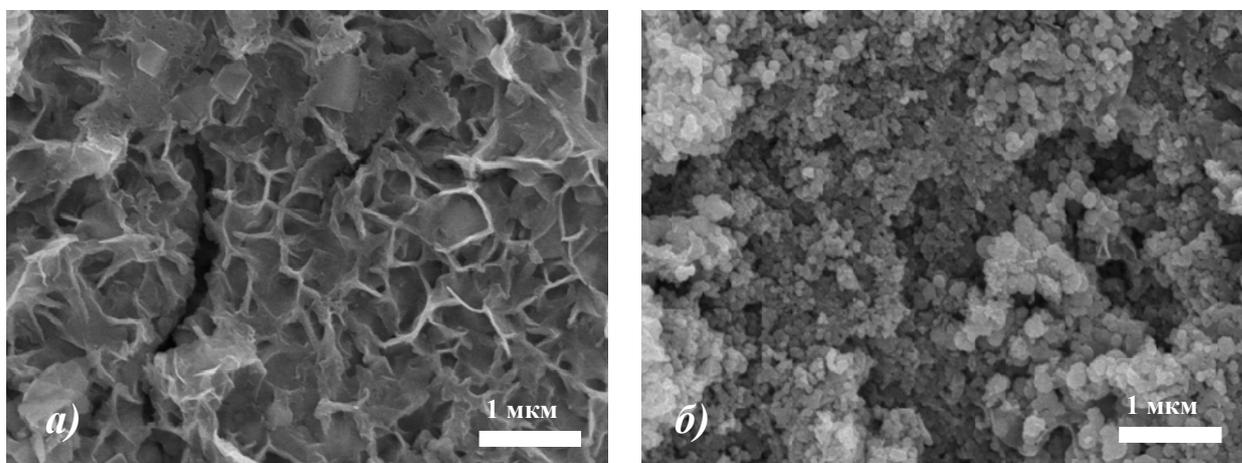


Рисунок 3.3 – РЭМ изображения стали У8А после выдержки в растворе Рингера 1 сутки (а) и после контакта с гелем 4 часа и выдержки в растворе Рингера 1 сутки (б).

В среде, содержащей  $\text{Cl}^-$  ионы, на поверхности стали могут образовываться феррогидраты, состоящие из  $\gamma\text{-FeOOH}$ ,  $\alpha\text{-FeOOH}$  и аморфной фазы (рис. 3.3 а) [21]. В случае, когда сталь предварительно контактирует с гелем, а потом выдерживается в растворе Рингера, продукты коррозии отличаются. Гель при контакте со сталью стравливает поверхностный, защитный слой. Поэтому на поверхности стали У8А преимущественно образуется фаза  $\alpha\text{-FeOOH}$ , на что указывает структура оксидного слоя по типу «cotton-ball» (рис. 3.3 б) [22]. Тем не менее, точные сведения о составе продуктов коррозии на поверхности стал У8А может дать только рентгенофазовый анализ.

Оценить коррозионную устойчивость металла в среде геля и раствора можно, используя потенциометрические измерения.

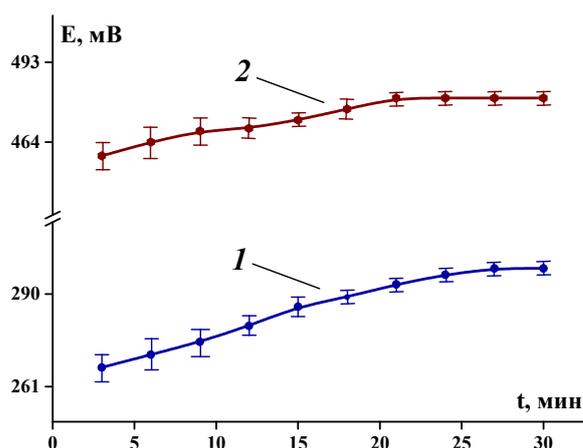


Рисунок 3.4 — Потенциометрические кривые для стали У8А, полученные в фоновых электролитах: раствор Рингера (1) и полимерный гель на основе яблочного пектина (2).

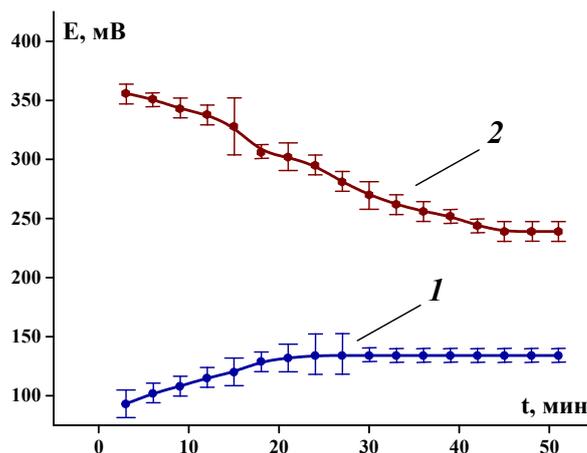


Рисунок 3.5 — Потенциометрические кривые для стали 440С, полученные в фоновых электролитах: раствор Рингера (1) и полимерный гель на основе яблочного пектина (2).

На рисунках 3.4 и 3.5 представлены потенциометрические кривые для сталей У8А и 440С в растворе Рингера и в геле на основе яблочного пектина. Стоит отметить, что мы можем сравнивать процессы, протекающие на границе раздела металл-раствор и металл-гель лишь приближенно, так как обе среды различаются проводимостью, процессами массопереноса и т.д.

В растворе Рингера для низколегированной стали У8А изменение

потенциала продолжается в течение 30 минут до выхода значения на «плато» (рис. 3.4, кривая 1). В геле изначально значения потенциалов стали У8А значительно выше по сравнению со значениями потенциалов в растворе, что говорит о снижении скорости процесса растворения металла (окислении стали У8А) (рис. 3.4, кривая 2). Это связано с диффузионными затруднениями, возникающими на границе раздела сталь – гель. И в среде геля, и в растворе с течением времени происходит повышение потенциала, что говорит об образовании пассивного слоя на поверхности стали У8А (рис. 3.4, кривые 1, 2).

В случае высоколегированной стали 440С в растворе Рингера изменение потенциала продолжается в течение 50 минут до выхода значения на «плато» (рис. 3.5, кривая 1). В геле значения потенциалов выше по сравнению со значениями потенциалов в растворе. Однако, в геле, происходит снижение потенциалов в течение 50 минут (рис. 3.5, кривая 2). Вероятно, образование пассивной пленки на поверхности стали 440С происходит медленнее, чем для стали У8А, благодаря присутствию легирующих компонентов в ее составе.

### 3.2 Изучение границы раздела титан/гель

Влияние геля на поверхность титана ВТ0-1 после контакта в течение 4 часов представлено на рисунке 3.6. Видно, что полимерная пленка полностью удалила защитный оксидный слой на поверхности титана.

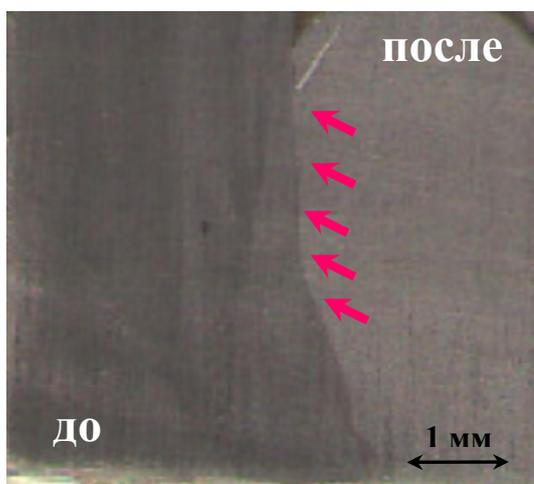


Рисунок 3.6 – Оптическое изображение титана ВТ0-1 до и после нанесения геля на основе яблочного пектина, 4 часа.

Более детально рассмотреть поверхность титана ВТ0-1 после контакта с гелем позволяют РЭМ изображения, представленные на рисунке 3.7.

На РЭМ изображениях титана ВТ0-1 четко видна граница, разделяющая области до и после контакта с гелем. Гель удаляет оксидную пленку на поверхности

титана. Поверхность титана становится неровной, обнажаются все дефекты (рис. 3.7).

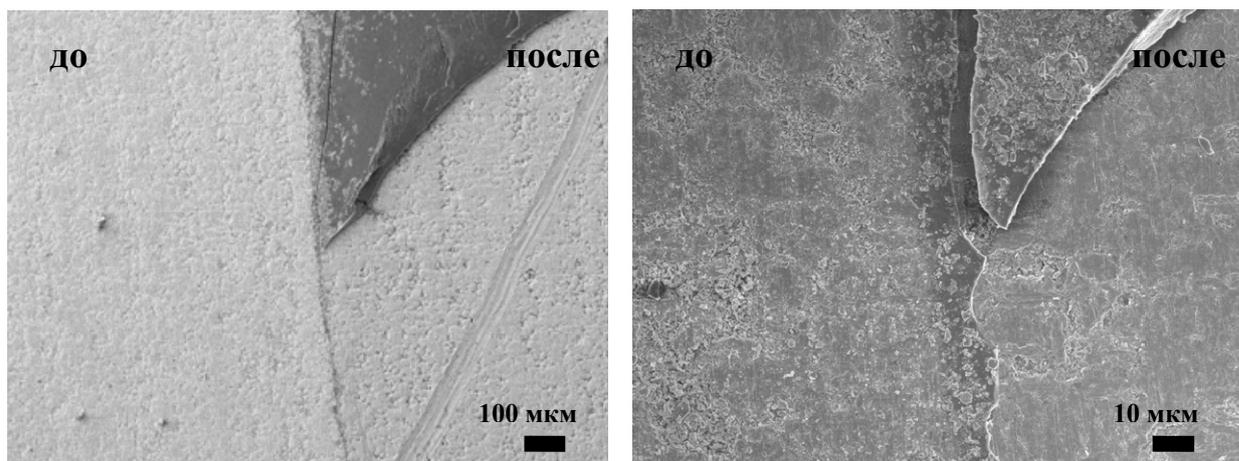


Рисунок 3.7 – РЭМ изображения титана VT0-1 до и после нанесения геля на основе яблочного пектина, 4 часа, при различных увеличениях: а – 50 раз, б – 500 раз.

Потенциометрические измерения для титана VT0-1 представлены на рисунке 3.8.

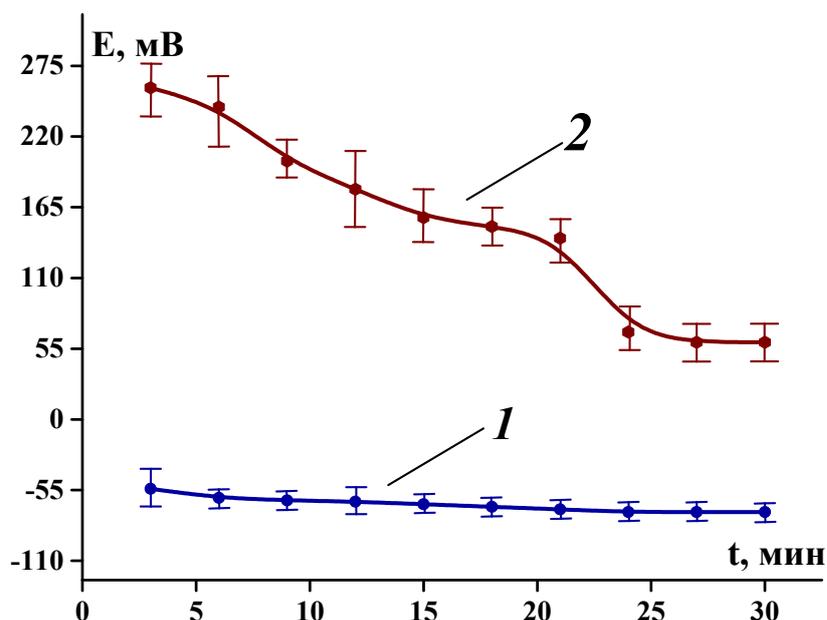


Рисунок 3.8 – Потенциометрические кривые для титана VT0-1, полученные в фоновых электролитах: раствор Рингера (1) и полимерный гель на основе яблочного пектина (2).

Для титана наблюдается такая же зависимость, как и для высоколегированной стали 440С. В растворе Рингера изменение потенциала продолжается в течение 30 минут до выхода значения на «плато» (рис. 3.8, кривая 1). В геле значения потенциалов выше по сравнению со значениями

потенциалов в растворе. Однако, в геле, происходит снижение потенциалов в течение 30 минут (рис. 3.8, кривая 2). Поведение титана VT0-1 и стали 440С одинаковое и в среде геля, и в растворе, что указывает на их коррозионную стойкость в различных средах.

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

##### **Введение**

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Решение проблемы может гарантировать достижение цели:

- С точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценить бизнес-потенциал и перспективы научных исследований;

- Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

- План исследования;

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

## **4.1. С точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценить бизнес-потенциал и перспективы научных исследований**

### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа результатов исследования потребителей необходимо учитывать целевой рынок и сегментировать его.

Целевой рынок - сегмент рынка, в котором в будущем будут продаваться девелоперские проекты. И наоборот, рыночный сегмент – это особая селекционная часть рынка, группа потребителей с определенными общими характеристиками.

Сегментация – это разделение покупателей на однородные группы, каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Вы можете использовать географию, население, поведение и другие условия для сегментации потребительского рынка. Вы можете использовать возраст, пол, национальность, образование, любимое занятие, образ жизни, социальный статус, род занятий, уровень дохода и другие характеристики, чтобы объединить их.

По категории потребителей (бизнес-организации, частные лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментации. Например, для коммерческих организаций критериями подразделения могут быть: местоположение; отрасль; производимые товары; размер и т. д.

Для физических лиц критериями подразделения могут быть: возраст; земля; национальность; образование; уровень дохода; социальные отношения; профессиональная принадлежность и т. д.

Исходя из установленных стандартов, рекомендуется выбрать два наиболее важных рыночных стандарта. На основе этих стандартов была составлена карта сегментации рынка.

Например, рынок гелей на основе природных полимеров в качестве тест-систем для диагностики коррозии металлов можно разделить по следующим

условиям: поврежденные участки костной ткани или временное восстановление костной ткани (рис. 4.1).

Рисунок 4.1. – Сравнительная сегментация рынка компаний, использующих металлы в медицине.

		Гель как тест-система для диагностики коррозии металлов		
		Имплантаты	Хирургические инструменты	Стоматологические приложения
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

	— <u>Компания Bright Optoelectronics Technology</u>
	— <u>Компания медицинского оборудования Heija</u>
	— <u>Минимально инвазивная медицина</u>

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить с целью определения конкурентоспособности разрабатываемого продукта или технологии. Изучение конкурирующих разработок позволяет найти недостатки продвигаемого товара или услуги, а также определить дальнейшее направление научного исследования.

В таблице 1 представлены гели, представленные на рынке, в качестве испытательной системы для оценки коррозионной стойкости металлов.

В процессе исследования коррозионная стойкость оценивалась двумя способами: контроль морфологии поверхности сплава до и после контакта с гелем и использование полимерного электролита для расчета тока коррозии в батарее.

Таблица 1. – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности пользователей	0,08	5	3	3	0,3	0,18	0,18
2. Энергоэффективность	0,13	5	2	4	0,65	0,3	0,42
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	4	3	5	0,36	0,09	0,45
4. Помехоустойчивость	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
5. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
6. Простота эксплуатации	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	4	0,6	0,5	0,5
2. Финансирование научной разработки	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,15
3. Послепродажное обслуживание	0,1	4	5	3	0,5	0,5	0,3
4. Наличие сертификации разработки	0,07	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
6. Срок выхода на рынок	0,08	4	5	4	0,35	0,35	0,35
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>56</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>4,96</b>	<b>3,48</b>	<b>3,91</b>

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (1)$$

Где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

$$K_{\phi} = \sum V_i \cdot B_i = 56 \cdot 4,96 = 277,76$$

$$K_1 = \sum V_i \cdot B_i = 45 \cdot 3,48 = 156,6$$

$$K_2 = \sum V_i \cdot B_i = 48 \cdot 3,91 = 187,68$$

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

### 4.1.3 Технология QuaD

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

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

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

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

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

#### 4.1.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
<p>C1. Простота технологии</p> <p>C2. Экологичность технологии.</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>C4. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>C5. Недостаточность исследовательских проектов на базе исследовательского оборудования</p>	<p>Сл1. Нехватка рабочего персонала</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования</p> <p>Сл3. Отсутствие оборудование для проверки продукта в условиях эксплуатации</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>V1. Сотрудничество с другими научными центрами</p> <p>V2. Финансирование зарубежных заказчиков</p> <p>V3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p>	<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У2. Потеря заказчиков и партнеров</p> <p>У3. Появление новых конкурентов</p>

**Второй этап** состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта, описывающая связь сильных сторон проекта с возможностями представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 3.

Таблица 3. – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	-	0
	B2	-	-	-	-	0
	B3	0	-	-	-	0
	B4	-	-	-	+	0
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-
	У1	-	+	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	B1	+	+	+		
	B2	+	-	-		
	B3	-	-	-		
	B4	-	-	-		
Угрозы проекта	У1	+	0	0		
	У1	-	-	-		

**Третий этап.** Составляется итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 4).

Таблица 4. –SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Простота технологии</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С5. Недостаточность исследовательских проектов на базе исследовательского оборудования</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Нехватка рабочего персонала</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования</p> <p>Сл3. Отсутствие оборудование для проверки продукта в условиях эксплуатации</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Сотрудничество с другими научными центрами</p> <p>В2. Финансирование зарубежных заказчиков</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на продукт</p>	<p>В2 и В3 будут способствовать С2 и С3. В4 станет возможно благодаря С4.</p>	<p>Сл1, Сл2 и Сл3 может быть ликвидировано за счет В1. Сл1 и Сл2 также может быть ликвидировано с помощью В2.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Потеря заказчиков и партнеров</p> <p>У2. Появление новых конкурентов</p>	<p>С3 обеспечивает высокую конкурентоспособность чтобы противостоять У2</p>	<p>Сл1 может привести к нарушению сроков заказа и У1</p>

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Представим линейный график выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 5.

Таблица 5. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ раб	Наименование	Продолжительность, дней	Исполнители
1	Составление и утверждение технического задания	4.6	Научный руководитель
2	Подбор и изучение материалов по теме	2.8	Инженер и дипломник
3	Выбор направления исследований	2.8	Все члены группы
4	Календарное планирование работ по теме	1.5	Инженер и дипломник
5	Используется для получения эффекта реакции простого пектина и низколегированной стали.	1.5	Инженер и дипломник
6	Используется для получения эффекта реакции простого пектина, легированного 10% хлоридом натрия, и низколегированной стали.	19.3	Инженер и дипломник
7	Получите результат реакции геля с низколегированной сталью.	4.9	Инженер и дипломник
8	Учитывайте изменение цвета и формы геля.	9.9	Инженер и дипломник
9	Написание ВКР, подготовка к защите	40	Дипломник

На основании составленной табличной модели построим график Ганта (таблица 6).

График Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по разрабатываемому проекту представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работы.

Таблица 6. – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб	Исполнители	$T_{ki}$	Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Научный руководитель	4.6														
2	Инженер и дипломник	2.8														
3	Все члены группы	2.8														
4	Инженер и дипломник	1.5				—										
5	Инженер и дипломник	1.5														
6	Инженер и дипломник	19.3				—	—	—	—	—						
7	Инженер и дипломник	4.9								—	—	—				
8	Инженер и дипломник	9.9									—	—	—	—		



Технический чистый титан BT1-0	385
Итого	1397

В сумме материальные затраты составили 1397 рублей.

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает в себя основную заработную плату  $Z_{осн}$  и дополнительную заработную плату  $Z_{доп}$ :

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}.$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20 % от  $Z_{осн}$ .

Основная заработная плата работника:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

Где:  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб. дн.;

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

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

Где:  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

при отпуске в 28 раб. дней  $M=11$  месяцев, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней  $M=10$  месяцев, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

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

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

Где:  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Расчет заработной платы руководителя (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 33664 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 65644,8 \text{руб.}; (2)$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{65644,8 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 3282,24 \text{руб.}; (3)$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 3282,24 \cdot 6,13 = 20120,13 \text{руб.}; (4)$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 20120,13 = 2716,22 \text{руб.}; (5)$$

Расчет заработной платы инженер (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1657,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1657,5 \cdot 51 = 84532,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 84532,5 = 11411,89 \text{руб.}$$

Расчет заработной платы студента (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1657,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1657,5 \cdot 84 = 139230 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 139230 = 18796,05 \text{руб.}$$

Таблица 8. – Расчет заработной платы работников

Исполнитель проекта	$Z_{ТС}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.	$k_d$	$Z_{доп}$ , руб.	Итого, руб.
руководитель	33664				65644,8	3282,24	6,13	20120,13		2716,22	22836,35
инженер	17000				33150	1657,5	51	84532,5		11411,89	95944,39
студент	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1657,5	84	139230	0,135	18796,05	158026,05

#### 4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (20120,13 + 2716,22) = 6850,9 \text{руб (6)}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (84532,5 + 11411,89) = 28783,32 \text{руб}$$

– для студента:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (139230 + 18796,05) = 47407,82 \text{руб}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30%.

#### 4.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$Z_{нак} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{нр}, \quad (7)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%.

$$Z_{\text{нак}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16$$

$$Z_{\text{нак}} = (1397 + 276806.79 + 83042.04) \cdot 0,16 = 57799.33 \text{руб.}$$

#### 4.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета на проект приведено в таблице 9.

Таблица 9. – Бюджет затрат на проектирование закалочной установки

Наименование	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты проекта	1397	0.333377
2. Затраты по основной зарплате	243882.63	58.19961
3. Затраты по дополнительной зарплате	32924.16	7.856948
4. Отчисления во внебюджетные фонды	83042.04	19.81697
5. Накладные расходы	57799.332	13.7931
Бюджет затрат на проектирование	419045.162	100

Бюджет всех затрат проекта равен 419045.162 *рублей*. Наибольший процент бюджета составляют затраты по основной зарплате (58.19961%).

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

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

Где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 10. – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,3	5
2. Легкость обслуживания	0,2	4
3. Долговечность	0,1	4
4. Энергоэкономичность	0,1	4
5. Материалоемкость	0,3	5
Итого	1	4,5

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 = 4,6 \quad (8)$$

#### 4.5 Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 105.4 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 419045.162 рублей.

Показатель ресурсоэффективности по пятибальной шкале  $I_p = 4,6$ , что говорит об эффективной реализации проекта.

На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### 5.1 Введение

Научно-исследовательская работа ведется в Школе материаловедения. Основное рабочее место находится в комнате 208.

Диссертация посвящена исследованию полимерного геля на основе природного пектина как тест-системы для диагностики коррозии металлов. Исследования, дизайн и разработка следующих вопросов 1. Обзор литературы

по трем направлениям: полимерный гель; характеристики полимерного геля; использование полимерного геля; 2. синтез полимерного геля на основе яблочного пектина; 3. использование оптический микроскоп и SEM для изучения изменений поверхности металла после контакта с полимерным гелем и сравнения данных с результатами, полученными в жидком электролите; 4. Используйте метод электрического потенциала для изучения геля металл-полимер и геля металл-жидкость. процесс, который происходит в интерфейсе. Целью данной работы является определение возможности использования гелей на основе яблочного пектина в качестве тест-системы для оценки коррозионной стойкости металлов.

Используемое в работе оборудование и материалы, при несоблюдении техники безопасности, несут потенциальную опасность для здоровья работника, кроме того, на рабочем месте возможны различные чрезвычайные ситуации, например авария, взрыв, пожар, поэтому обнаружение вредных и опасных факторов и минимизация их воздействия на работника является важной задачей.

Эта часть статьи посвящена выявлению вредных и опасных факторов, а также предотвращению воздействия вредных факторов на сотрудников в процессе тестирования гелей на основе яблочного пектина в качестве тестовой системы для оценки коррозионной стойкости металлов.

## **5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Все работники и руководитель в соответствии с Постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 [24] обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знания требований охраны труда для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

В качестве тест-системы для диагностики коррозии металлов в исследованиях используется натуральный полимерный гель, а в аварийных ситуациях, авариях, взрывах и пожарах следует обращать внимание, поэтому

условия труда вредны. Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ.[23] регулирует рабочий процесс, оплату и дополнительные льготы работников вредных производств.

Правом работодателя является увеличение оговоренного в законе процента доплаты с учетом тяжести и вредности условий, в которых сотрудник выполняет свои трудовые функции. Конкретизация размеров подобных надбавок подлежит закреплению в специальных документах, подобных:

- индивидуальным трудовым договорам;
- коллективным договорам;
- локальным нормативным актам.

Кроме денежных выплат, специалисты, выполняющие трудовые функции под воздействием вредных факторов, вправе требовать:

- сокращения рабочей недели до 36 часов;
- предоставления ежегодного дополнительного отпуска на срок от 7 дней.

Компоновка рабочего места. Характер основной работы при выполнении ВКР предполагал оборудование рабочего места для проведения работ стоя. Согласно ГОСТ 12.2.033-78 [27] рабочее место для выполнения работ стоя организуется в случае, когда выполняемая физическая работа является средней тяжести или тяжелой, а также в случае превышения величины рабочей зоны для сидячего рабочего места. Конструкция и взаимное расположение элементов на рабочем месте должны соответствовать характеру выполняемой работы, физиологическим и психологическим требованиям, а также обеспечивать удобство при работе (соответствовать антропометрии работника).

В ГОСТ 12.2.033-78 [25] установлены следующие требования для рабочего места стоя:

- рабочее место должно обеспечивать выполнение всех операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;
- при проектировании рабочего места следует учитывать антропометрические показатели работников в зависимости от их пола или

устанавливать средние показатели при работе на этом месте персонала обеих полов;

– организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или его наклон вперед не более чем на 15°;

– конструкция рабочего места должно обеспечивать оптимальное положение рабочего относительно рабочей поверхности, за счет регулируемой высоты рабочей поверхности или подставок для ног.

Так же ГОСТ 12.2.033-78 [25] установлены требования к расположению на рабочем месте органов управления и средств отображения информации для более продуктивного выполнения операций, снижения травмоопасности и комфортной работы.

Оборудование, используемое на рабочем месте, должно быть максимально эргономичным.

### 5.3 Производственная безопасность

Работа в данной лаборатории и оборудованием на ее базе связана с некоторыми вредными и опасными производственными факторами, подробное описание которых представлено далее. Вредные и опасные производственные факторы были определены из ГОСТ 12.0.003-2015 [26] (Опасные и вредные производственные факторы. Классификация).

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1. Повышенная или пониженная температура	+	+	-	СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4 [27]

воздуха рабочей зоны.				
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	-	-	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [28]
3. Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны.	-	-	+	ГОСТ 12.1.005-88 [29]
4. Механические опасности	-	+	-	ГОСТ ISO 12100-2013 [30]
5. Термические опасности	+	-	-	ГОСТ 12.1.005-88 [29]
6. Электробезопасность	+	+	-	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [31] ГОСТ 12.2.007.0-80 [32]
7. Пожаробезопасность	+	+	-	Приложение №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [33]

#### 5.4 Анализ вредных производственных факторов

*Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.* Микроклимат характеризуется тремя основными параметрами, а именно, температурой воздуха, влажностью и скоростью движения воздушных масс. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений установлены в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.2.4.548-96 [27].

Некоторые производственные процессы не позволяют поддерживать оптимальные показатели микроклимата, что может существенно снизить производительность рабочего персонала, повысить утомляемость и заболеваемость.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [27] работа при проведении исследований относится к категории Па, из этого следует, что в холодный период года оптимальные значения показателей микроклимата должны соответствовать следующим значениям: температура воздуха 19-21°C, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с. Для теплого периода года данные показатели составляют: температура воздуха

20-22 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории обеспечиваются за счет системы отопления, кондиционера и вентиляции.

Основным фактором приводящим к отклонению показателей микроклимата от нормы является оборудование с высоким тепловыделением (блоки питания микроскопов).

Плохие условия освещенности (низкая освещенность, недостаточная равномерность, помехи, отвлекающие внимание, дискомфортная блескость) приводят к снижению зрительной работоспособности, усталости центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания недостаточно четких или сомнительных сигналов, мышечной усталостью из-за неудобного положения, принимаемого в попытке разглядеть тот или иной объект. Локальные мышечные напряжения (в частности, шейных мышц) могут возникать также во время работы, при которой необходимо пользоваться микроскопом.

По нормам освещения и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется освещенность 300 - 500 лк, коэффициент пульсации 15-20%.

*Отсутствие или недостаток естественного освещения.* Недостаток естественного света вызван расположением лаборатории на цокольном этаже. Отсутствие или недостаток естественного света приводит к дефициту ультрафиолетового облучения, следствием чего является нарушение обмена веществ и снижение резистентности организма.

Чтобы снизить негативное влияние недостатка естественного света на организм человека, необходимо регулярно (во время перерывов) покидать рабочее место и заходить в ту часть здания или улицу, где проникает естественный свет.

Опасные химические вещества в воздухе рабочей зоны. Производственным фактором химической опасности является порошок

пектина, причем микродисперсный порошок также может оказывать стимулирующее действие на дыхательную систему.

### **5.5 Анализ опасных производственных факторов**

*Электрическая безопасность.* При работе использовалось следующее электрооборудование: электронные весы, персональный компьютер, растровый электронный микроскоп. Все эти устройства при неправильном использовании или обслуживании могут вызвать опасность поражения электрическим током.

Наиболее вероятная причина поражения электрическим током - контакт с токоведущими частями или близкое к недопустимому расстоянию.

Воздействие электрического тока на организм человека разнообразно. Электрический ток, протекающий через человеческое тело, оказывает электролитическое, тепловое и биологическое действие. Электролиз электрическим током проявляется как разложение крови и других жидкостей в организме человека, что приводит к серьезным нарушениям его физического и химического состава. Тепловое воздействие электрического тока проявляется в виде ожогов тела, лихорадки и повреждения кровеносных сосудов, нервов, головного мозга и других органов, что приводит к серьезной дисфункции. Биологический эффект электрического тока в основном проявляется в разрушении внутреннего биоэлектрического процесса в организме, связанного с выживаемостью организма .

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [31] на производстве для обеспечения электробезопасности должны быть приняты следующие защитные меры:

- защитные оболочки;
- защитные барьеры;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение;

- защитное отключение.

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [31] электроприборы должны быть заземлены или занулены.

При работе с электроприборами должны соблюдаться «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», установленные ГОСТ 12.2.007.0-80 [32]. Все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, должны проходить инструктаж на рабочем месте, к самостоятельной работе допускаются лица, прошедшие проверку на знание техники безопасности.

*Пожаровзрывобезопасность.* Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, так как в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Согласно приложению №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [33] в целях обеспечения пожарной безопасности в лаборатории запрещено:

- курить;
- пользоваться неисправными электронагревательными приборами;
- использовать временную электропроводку, удлинители, переноски для питания приборов;
- перегружать электрическую сеть;
- скручивать, завязывать электрические провода;
- хранить пожароопасные материалы ЛЖВ;
- оставлять выключенным свет, компьютеры и другие электроприборы.

Особое внимание необходимо уделять технике безопасности при работе с печью. Перед спеканием образца из того или иного материала необходимо узнать его химический состав, температуру плавления или температуру возгорания, чтобы избежать расплавления или воспламенения образца. Это может привести к поломке печи и возникновению пожара.

## **5.6 Экологическая безопасность**

Основными материалами, использованными в работе, являются порошок яблочной камеди, раствор Рингера и высоколегированная сталь 440С; низколегированная сталь У8А; технический чистый титан VT1-0. Синтезирован полимерный гель на основе яблочного пектина и изучен процесс, протекающий на границе раздела полимер-гель-металл. Обнаружено, что в среде на основе полимерного геля яблочного пектина скорость окисления металла ниже по сравнению со скоростью окисления в растворе. Однако в гелевой среде образование пассивирующей пленки на поверхности низколегированной стали У8А происходит быстрее, чем формирование пассивирующей пленки на поверхности высоколегированной стали 440С и титана VT0-1.

Высокая концентрация порошка яблочной жевательной резинки в воздухе может вызвать раздражение слизистой оболочки дыхательных путей животных и людей. В используемой в работе концентрации порошок яблочной жевательной резинки не нанесет вреда окружающей среде.

Кроме того, поскольку дополнительная обработка сведена к минимуму, минимальные потери конфигурации геля являются предпосылкой, потому что высоколегированная сталь 440С; низколегированная сталь У8А; коммерческий чистый титановый электрод VT1-0 следует помещать в раствор яблочного клея или раствор Рингера в качестве насколько возможно приблизиться к желаемому электроду сравнения.

## **5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Лаборатория находится далеко от водоснабжения, химических заводов и атомных электростанций в сейсмически активных районах. Поэтому такие чрезвычайные ситуации, как затопления, цунами, землетрясения, химические и радиоактивные выбросы маловероятны. Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Причиной пожара может быть короткое замыкание, возгорание легко воспламеняющихся веществ, неосторожное обращение с

огнем. Все помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 [34] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [35].

Для предотвращения и ликвидации пожара здание оборудовано пожарной сигнализацией, пожарными кранами и шлангами, пожарными щитами, огнетушителями, во всех помещениях имеется план эвакуации, в коридорах указатели движения к эвакуационному выходу. На рисунке 1 представлен план эвакуации из лаборатории (208 аудитория) и соседних помещений.

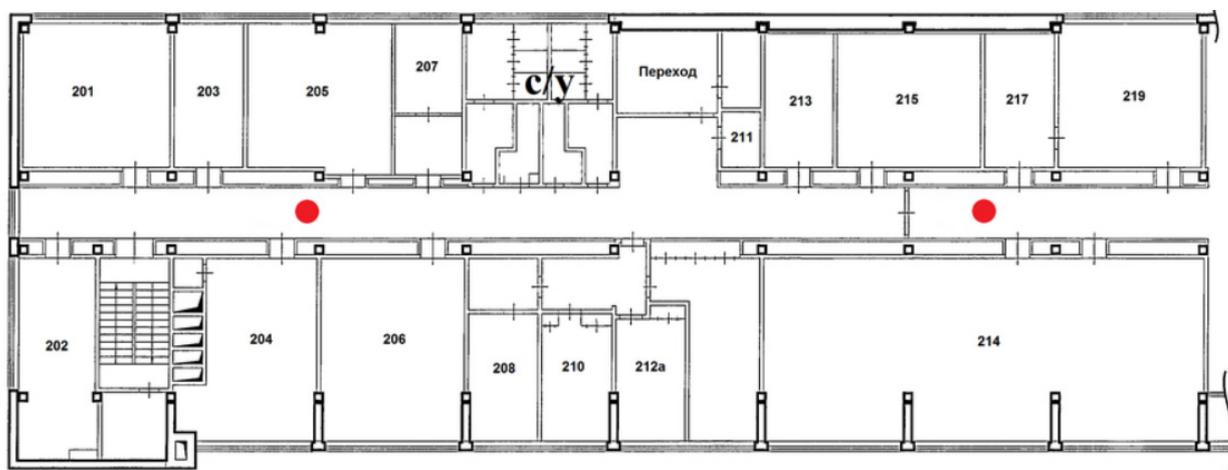


Рисунок 1. – План эвакуации

В каждом классе есть средства пожаротушения. При срабатывании пожарной сигнализации или явных признаках пожара необходимо руководствоваться следующими указаниями.

1. При выходе из помещения, убедиться, что за дверью нет пожара, приложив руку к двери или к металлической ручке, если они горячие, то ни в коем случае не открывайте дверь. Если основной выход заблокирован пожаром, постарайтесь покинуть помещение через окна. Если нет возможности выйти через окна необходимо плотно заткнуть все щели вокруг двери влажными тряпками, укрыться смоченными водой покрывалами или намочить одежду, при наличии большого количества воды постоянно поливать дверь. Постарайтесь по средствам связи сообщить о своем местоположении. При

задымлении необходимо лечь на пол и дышать сквозь намоченную ткань, дожидаясь спасения.

2. Когда есть возможность покинуть помещение, необходимо организованно двигаться к аварийному выходу, согласно плану эвакуации (рисунок 1), избегая при этом огня и сильного задымления. При наличии дыма, двигайтесь на четвереньках, прикрывая дыхательные пути влажной тканью. Плотнo закрывайте за собой двери, чтобы замедлить распространение пожара. При невозможности пройти к эвакуационному выходу, используйте для выхода окна или лазы на крышу, привлекайте к себе внимание, чтобы вас заметили и спасли. При выходе из помещения сразу сообщите об этом ответственным лицам.

3. Если очаг возгорания возник непосредственно на вашем рабочем месте, первым делом вызовите пожарную службу и самостоятельно начните тушение огня с помощью имеющихся в помещении противопожарных средств. При возгорании электроприбора, перед тушением, необходимо его обесточить и накрыть покрывалом, ограничив доступ к огню кислорода. При отсутствии покрывала тушите с помощью огнетушителя или водой, однако это может повредить не вышедшие из строя в результате пожара элементы прибора.

### **5.8. Выводы по разделу**

Поэтому в этом разделе рассматриваются негативные факторы, влияющие на сотрудников в процессе выполнения выпускной квалифицированной работы, а также меры по минимизации их вредного / опасного поведения. Кроме того, рассматриваются правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности сотрудников, производственной среды и чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на рабочем месте, а также процедуры действий, которые необходимо предпринять при возникновении таких ситуаций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы было выявлено, что применение полимерного геля на основе яблочного пектина может быть использовано в качестве тест-системы для оценки коррозионной устойчивости сплавов на основе титана, высоколегированных сталей и т.д. Проведение такого тестирования перед использованием необходимо для проверки ключевых эксплуатационных свойств данных материалов, одним из которых является коррозионная стойкость.

Было определено, что скорость коррозии металлов значительно ниже в геле, чем в растворе, что связано с диффузионными затруднениями, возникающими на границе раздела металл-гель. Образование пассивной пленки на поверхности высоколегированной стали 440С и титана ВТ0-1 в среде геля происходит медленнее по сравнению с высокоуглеродистой сталью У8А. Это связано с присутствием в составе 440С и титана большого количества легирующих компонентов, способных образовывать с функциональными группами геля комплексные соединения, препятствуя формированию на поверхности металлов пассивной пленки.

## ВЫВОДЫ

1. Показана возможность использования полимерных гелей на основе яблочного пектина для оценки коррозионной устойчивости металлов.
2. Установлено, что продукты коррозии в растворе Рингера для стали У8А различны при контакте с гелем и без него.
3. Определено, что коррозионная устойчивость сталей У8А, 440С и титана ВТ0-1 в геле значительно выше, чем в растворе.
4. Обнаружено, что образование пассивной пленки на поверхности высоколегированной стали 440С и титана ВТ0-1 в среде геля происходит медленнее по сравнению с высокоуглеродистой сталью У8А.

## СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Яцинь Л. Получение полимерных гелей различного назначения // Труды XI Всероссийской научно-практической конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов», 28-30 апреля 2021 г., г. Томск: Изд-во ТПУ, 2021 – В печати.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Osada Y. Polymer gels / Y. Osada, J. Gong, Yu. Tanaka // J. Macromolec. Sci. Part C: Polymer Reviews. – 2004. – Vol. 44, №1. – P. 87–112.
2. Ferry J. D. Structure and rheology of fibrin networks. In Biological and Synthetic Polymer Networks. – London: Elsevier Applied Science, 1988. – 415 p.
3. Nijenhuis K. T. Viscoelastic properties of thermoreversible gels. In Physical Networks: Polymers and Gels. – London: Elsevier Applied Science, 1990. – 615 p.
4. Philippova O. E. Responsive Polymer Gels // Polymer Science Ser. C. – 2000. – Vol 35, № 6. – P. 1–21.
5. Eisenberg A. / A. Eisenberg, J.-S. Kim // Introduction to Ionomers. – New York: Wiley, 1998. – 417 p.
6. Гросберг А. Ю. / А. Ю. Гросберг, А. Р. Хохлов // Физика в мире полимеров. – М.: Мир, 1989. – 648 с.
7. Hirotsu S. Phase Transitions. // J. Phys. Soc. – 1994. – Vol. 47, № 8. – P. 176–183.
8. Vasilevskaya V.V. Influence of the counterion size on swelling and collapse of polyelectrolyte gel. / V.V. Vasilevskaya, V.R. Ryabina, S.G. Starodubtsev, A.R. Khokhlov // Vysokomol. Soedin. Ser. A. – 1989. – Vol. 49, № 128. – P. 737–744.
9. Markicheva E. A. Proteases entrapped in polymer composite hydrogels: preparation methods and applications. / E. A. Markicheva, S. V. Kuptsova, A. N. Buryakov, V. G. Babak, E. A. Varlamova, T. N. Dugina, S. M. Strukova, M. A. Lange, T. V. Vasilieva, L. D. Rumsh // Vestnik Moscovskogo Universiteta. Khimia. – 2000. – Vol 67, № 6. – P. 70–85.
10. Davis B. K. Worcester Foundation for Experimental Biology, Shrewsbury, Massachusetts. Diffusion in Polymer Gel Implants // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1974. – Vol. 78, № 84. – P. 3120–3123.

- 
11. Vlad A. Carbon Redox-Polymer-Gel Hybrid Supercapacitors. / A. Vlad, N. Singh, S. Melinte, J.-F. Gohy, P. Ajayan // *Scientific Reports*. –2016. – Vol. 93, № 5. – P. 1–6.
  12. Guan H. Polyvinyl formal based gel polymer electrolyte prepared using initiator free in-situ thermal polymerization method. / H. Guan, F. Lian, K. Xi, Y. Ren, J. Sun, R. Kumar // *J. Power Sources*. – 2014. – Vol. 32, № 6. – P. 1–6.
  13. Ketova Y. Testing of preformed particles polymer gel technology on core filtration models to limit water inflows / Y. Ketova, B. Bai, G. Khizniyak, E. Gladkikh, S. Galkin // *J. Mining Institute*. – 2020. – Vol. 21, № 7. – P. 10–14.
  14. Wang L. Polymer Network Gel Method for Surperfine AlN Powder Preparation // *MATEC Web of Conferences*. – 2017. – Vol. 23, № 1. –P. 67–73.
  15. Chang S. Polymer gel light-emitting devices. / S. Chang, Y. Yang // *Appl. Phys. Lett.* – 1999. – Vol. 75, № 2713. –P. 1–4.
  16. Мазур Л. М. Физико-химические процессы гелеобразования пектинов в пищевых технологиях. / Л. М. Мазур, И. В. Попова, Н. В. Симурова, Ю. В. Слива // *Рубрика*. – 2014. – № 1. – P. 1–5.
  17. Wanga Z. B. Comparison of the corrosion behavior of pure titanium and its alloys in fluoride-containing sulfuric acid. / Z. B. Wanga, H. X. Hua, Y. G. Zhenga, W. Kea, Y.X. Qiao // *Corrosion Science*. – 2016. – № 103. – P. 50–65.
  18. Mohammeda M. Surface Modifications of Titanium Materials for developing Corrosion Behavior in Human Body Environment: A Review. / M. Mohammeda, Z. Khanb, A. Siddiqueeb // *Procedia Materials Science*. – 2014. – № 6. – P. 1610–1618.
  19. Sharifnabi A. The structural and bio-corrosion barrier performance of Mg substituted fluorapatite coating on 316L stainless steel human body implant. / A. Sharifnabi, M. Fathi, B. Yekta, M. Hossainlipour // *Appl. Surf. Sci.* – 2014. – Vol. 288. – P. 331–340.
  20. Cieřlik M. Parylene coatings on stainless steel 316L surface for medical applications – Mechanical and protective properties. / M. Cieřlik, M. Kot, W.

---

Reczynski, K. Engvall, W. Rakowski, A. Kotarba // Material Science and Engineering: C. – 2012. – Vol. 32. – P. 31–35.

21. Ma Y. The effect of  $\beta$ -FeOOH on the corrosion behavior of low carbon steel exposed in tropic marine environment. / Y. Ma, Y. Li F. Wang // Material Chemistry and Physics. – 2008. – Vol. 112. – P. 844–852.

22. Rahimi S. Iron oxide/hydroxide ( $\alpha$ ,  $\gamma$ -FeOOH) nanoparticles as high potential adsorbents for lead removal from polluted aquatic media. / S. Rahimi, R. Moattari, L. Rajabi, A. Derakhshan, M. Keyhani // J. Indust. and Engin. Chem. – 2015. – Vol. 23. – P 33–43.

23. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).

24. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) .

25. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).

26. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (дата введения: 01.03.2017).

27. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г.).

28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (дата введения: 15.06.2003).

29. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).

30. ГОСТ ISO 12100-2013 Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска

31. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Национальный стандарт российской федерации. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность.

---

32. ГОСТ 12.1.07-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).

33. Приложение №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013.

34. ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования" (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 14.06.1991 N 875) (ред. от 01.10.1993).

35. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (с Изменением N 1).

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Значения потенциалов для стали У8А в растворе Рингера

№	t, мин	E <sub>1</sub> , мВ	E <sub>2</sub> , мВ	E <sub>3</sub> , мВ	E <sub>ср</sub> , мВ	S <sub>r</sub>
1	3	266	272	264	267	4
2	6	270	277	267	271	5
3	9	275	278	272	275	3
4	12	279	283	279	280	2
5	15	288	287	283	286	2
6	18	290	290	289	289	1
7	21	294	294	293	293	1
8	24	297	296	297	296	1
9	27	298	298	299	298	1
10	30	298	298	299	298	1

Таблица 2. Значения потенциалов для стали 440С в растворе Рингера

№	t, мин	E <sub>1</sub> , мВ	E <sub>2</sub> , мВ	E <sub>3</sub> , мВ	E <sub>ср</sub> , мВ	S <sub>r</sub>
1	3	98	93	95	95	3
2	6	105	102	101	102	2
3	9	109	108	106	107	2
4	12	112	115	113	113	2
5	15	123	120	125	122	3
6	18	127	129	130	128	2
7	21	129	132	134	131	3

8	24	131	134	142	135	6
9	27	131	134	142	135	6
10	30	131	134	142	135	1
11	33	131	134	142	135	1
12	36	131	134	142	135	1
13	39	131	134	142	135	1
14	42	131	134	142	135	1
15	45	131	134	142	135	1
16	48	131	134	142	135	1
17	51	131	134	142	135	1

Таблица 3. Значения потенциалов для титана ВТ0-1 в растворе Рингера

№	t, мин	E <sub>1</sub> , мВ	E <sub>2</sub> , мВ	E <sub>3</sub> , мВ	E <sub>ср</sub> , мВ	S <sub>r</sub>
1	3	-58	-54	-50	-54	4
2	6	-63	-61	-61	-61	1
3	9	-65	-63	-64	-64	1
4	12	-67	-64	-65	-65	2
5	15	-68	-66	-67	-67	1
6	18	-69	-68	-69	-68	1
7	21	-70	-70	-71	-70	1
8	24	-72	-71	-71	-71	1
9	27	-71	-72	-71	-71	1
10	30	-72	-71	-71	-71	1

Таблица 4. Значения потенциалов для стали У8А в геле

№	t, мин	E <sub>1</sub> , мВ	E <sub>2</sub> , мВ	E <sub>3</sub> , мВ	E <sub>ср</sub> , мВ	S <sub>r</sub>
1	3	460	455	463	459	4
2	6	465	460	469	464	5
3	9	468	466	471	468	3
4	12	469	468	472	469	2
5	15	471	472	473	472	1
6	18	475	478	477	476	2
7	21	480	479	481	480	1
8	24	480	480	481	480	1
9	27	480	480	481	480	1
10	30	480	480	481	480	1

Таблица 5. Значения потенциалов для стали 440С в геле

№	t, мин	E <sub>1</sub> , мВ	E <sub>2</sub> , мВ	E <sub>3</sub> , мВ	E <sub>ср</sub> , мВ	S <sub>r</sub>
1	3	359	356	359	358	2
2	6	350	351	352	351	1
3	9	341	343	345	343	2
4	12	335	338	339	337	2
5	15	317	328	333	326	8
6	18	308	306	308	307	1
7	21	300	302	305	302	3
8	24	292	295	293	293	2
9	27	284	281	282	282	2

10	30	276	270	273	273	3
11	33	266	262	263	263	2
12	36	259	256	258	257	2
13	39	251	252	250	251	1
14	42	244	244	242	243	1
15	45	238	239	236	237	2
16	48	238	239	236	237	2
17	51	238	239	236	237	2

Таблица 6. Значения потенциалов для титана ВТ0-1 в геле

№	t, мин	E <sub>1</sub> , мВ	E <sub>2</sub> , мВ	E <sub>3</sub> , мВ	E <sub>ср</sub> , мВ	S <sub>r</sub>
1	3	266	269	258	264	6
2	6	224	230	243	232	9
3	9	205	206	201	204	3
4	12	181	198	179	186	10
5	15	169	162	157	162	6
6	18	156	152	150	152	3
7	21	144	135	141	140	5
8	24	72	62	68	67	5
9	27	52	59	60	57	4
10	30	52	59	60	57	4