

Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 03.03.02 Физика
 ООП/ОПОП Физика
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка и исследование электрокатализатора на основе MXene

УДК 621.793:669.295.5

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Сюн Вэй		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кашкаров Е.Б.	к.ф.-м.н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Седанова Е.П.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин А.И.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП/ОПОП

Код Компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке.
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах.
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественно-научные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.
ОПК(У)-4	Способен понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности.
ОПК(У)-5	Способен использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией.
ОПК(У)-6	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением

	информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-7	Способен использовать в своей профессиональной деятельности знание иностранного языка.
ОПК(У)-8	Способен критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности.
ОПК(У)-9	Способен получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК(У)-2	Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК(У)-3	Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований
ПК(У)-4	Способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК(У)-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
ПК(У)-6	Способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
ПК(У)-7	Способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме
ПК(У)-8	Способность понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования



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

Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
Лидер А.М.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Сюн Вэй

Тема работы:

Разработка и исследование электрокатализатора на основе MXene	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	22.05.2023, 142-41/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i>	Катализаторы для электролиза на основе соединения CoNiS_2 @MXene
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i>	Аналитический обзор литературных источников Материал и методы исследований Результаты исследований Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение по работе
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	-
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:
-

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кашкаров Е.Б.	к.ф.-м.н.		
ассистент	Седанова Е.П.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Сюн Вэй		

Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки (ООП/ОПОП) 03.03.02 Физика
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
150Б91	Сюн Вэй
150Б91	

Тема работы:

Разработка и исследование электрокатализатора на основе MXene

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.11.2022	Литературный обзор по теме ВКР	15
30.04.2023	Методы исследования	5
01.06.2023	Результаты экспериментальных исследований. Обработка результатов.	50
01.06.2023	Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	15
01.06.2023	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Кашкаров Е.Б.	К.ф.-М.Н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Седанова Е.П.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры	Лидер А.М.	Д.Т.Н., профессор		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Сюн Вэй		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 81 с., 16 рис., 19 табл., 51 источник.

Ключевые слова: водород, электролиз, электрокатализатор, MXene, CoNiS₂.

Объектом исследования являются электрокатализаторы для электролиза на основе соединения CoNiS₂@MXene.

Цель работы – установление влияния добавки MXene на эксплуатационные характеристики электрокатализатора на основе CoNiS₂.

В ходе работы был проведен аналитический обзор литературных источников по тематике разработки электрокатализаторов для производства водорода на основе соединений MXene и исследований их свойств. Были получены образцы катализаторов на основе соединения CoNiS₂ без добавок и с добавкой MXene, полученной из MAX-фазы Ti₃AlC₂. Для полученных катализаторов были определены следующие характеристики: потенциал, ёмкость, сопротивление.

В результате исследований установлено улучшение характеристик катализаторов на основе CoNiS₂ при добавлении MXene.

Область применения: водородная энергетика.

В будущем планируется проведение комплексного исследования с целью установления оптимального количества добавки MXene в состав электрокатализатора на основе CoNiS₂ для достижения высоких эксплуатационных характеристик.

Содержание

Введение.....	11
Глава 1. Аналитический обзор литературных источников.....	13
1.1 Производство водорода.....	13
1.2 Гидролизные катализаторы на основе MXene.....	14
1.3 Гибкие проводящие пленки MXene и нанокompозиты с высокой емкостью.....	16
1.4 MXene: перспективный литий - ионный аккумулятор с переходным металлическим карбидным анодом.....	18
Глава 2. Материалы и методы исследования.....	19
2.1 Материалы исследования.....	19
2.1.1 Получение порошка MXene.....	19
2.1.2 Получение катализатора CoNiS ₂ @MXene.....	20
2.1.3 Оборудование для получения катализатора CoNiS ₂ @MXene.....	21
2.2 Параметры оценки производительности катализатора.....	25
2.2.1 Оборудование для анализа катализатора CoNiS ₂ @MXene.....	27
Глава 3. Результаты и их обсуждение.....	30
3.1 Испытания на водородные свойства.....	30
3.2 Перенапряжение и наклон Тафеля.....	30
3.3 Двойная электрическая емкость C _{d1} и электрохимическая активная площадь.....	32
3.4 EIS и сопротивление.....	35
3.5 Стабильность.....	37
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	39
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	39
4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40

4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40
4.2.2 SWOT – анализ	40
4.3 Планирование научно-технического исследования	43
4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	45
4.4 Бюджет научного исследования	50
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	50
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	51
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	51
4.4.4 Дополнительная заработная плата	52
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	53
4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию	53
4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы.....	54
4.4.8 Формирование бюджета затрат НТИ	54
4.5 Ресурсоэффективность	55
Глава 5. Социальная ответственность.....	61
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	61
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	62
5.2 Производственная безопасность.....	63
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	64
5.2.1.1 Анализ показателей шума	64
5.2.1.2 Анализ показателей микроклимата	65
5.2.1.3 Анализ электробезопасности	68
5.2.1.4 Анализ показателей освещенности рабочей зоны	69
5.3 Экологическая безопасность.....	71
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72

Заключение	75
Список литературы	76

Введение

Решение вопросов скорого истощения запасов ископаемого топлива и загрязнения окружающей среды является одной из приоритетных задач Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития [1]. Инструментом решения описанных проблем является разработка и эффективное использование чистых и возобновляемых источников энергии.

Водород, рассматриваемый как альтернативный источник энергии, имеет весомые преимущества по сравнению с ископаемыми видами топлива. Среди них следует отметить, что водород [2]:

- является самым чистым источником энергии в настоящее время, его основной продукт сгорания – вода – экологически безопасен и может быть подвергнут переработке;

- характеризуется высокой теплотой сгорания, показатель которой в 3, 4 и 4,5 раза выше, чем у бензина, этанола и угля, соответственно;

- может быть транспортирован на большие расстояния и храниться в формах сжатого газа, сжиженного водорода, металлического водорода;

- является наиболее распространенным веществом во Вселенной.

Разработка экологически чистых и эффективных технологий производства водорода является ключом к глобальному экономическому развитию.

Электролиз воды является одним из наиболее эффективных способов промышленного производства водорода высокой чистоты [3]. Для дополнительного увеличения показателя эффективности процесса электролиза используются катализаторы. Эффективный катализатор с высокой активностью, стабильностью и избирательностью должен быть изготовлен из материалов с хорошей стойкостью к коррозии, высоким температурам, агрессивным химическим средам кислот и щелочей. За последние несколько лет электрокатализаторы на основе соединений MXene привлекли большое внимание. Соединения MXene обладают подходящей

электронной структурой, высокими показателями подвижности зарядов, электропроводностью и гидрофильностью [4].

Целью данной работы являлось установление влияния добавки MXene на эксплуатационные характеристики электрокатализатора на основе CoNiS₂.

Задачи работы:

- синтез MXene на основе соединения Ti₃AlC₂;
- получение электрокатализаторов на основе соединений CoNiS₂ и CoNiS₂@MXene;
- исследование характеристик полученных электрокатализаторов;
- анализ влияния добавки MXene на характеристики электрокатализатора на основе CoNiS₂.

Глава 1. Аналитический обзор литературных источников

1.1 Производство водорода

Получение водорода и кислорода с помощью электролиза – традиционная технология, которая заключается в превращение воды в газообразные водород и кислород под действием электрического тока. Николсон и Карлайл впервые подтвердили [5] процесс гидроэлектролиза в 1800 году. На основе результатов проведенного эксперимента также был сделан вывод, что отношение объема водорода и кислорода составляет 2:1, а общее уравнение реакции выглядит следующим образом:



Известно [6], что наиболее совершенные электролизёры расходуют 4 кВтч электроэнергии на получение одного кубического метра водорода. При сжигании этого объема водорода может выделиться около 3,5 кВтч чистой энергии. Из этого следует, что водород может стать конкурентно-способным энергоносителем, если затраты энергии на его получение из воды понизить хотя бы до 1 кВтч/м³.

Использование катализаторов, как правило, позволяет значительно снизить энергию активации электролитической воды и ускорить процесс электролиза. Структура электролитического гидролизного катализатора состоит в основном из ионов металлов и органических активных веществ. Эффективный катализатор с высокой активностью, стабильностью и избирательностью должен быть изготовлен из материалов с хорошей стойкостью к коррозии, высоким температурам, агрессивным химическим средам кислот и щелочей. Лучше всего под описанные характеристики подходит платина [7]. Однако даже современные высококачественные металлические платиновые катализаторы (Pt) обладают рядом недостатков, среди которых высокая стоимость, важность высокой чистоты воды для лучшего каталитического эффекта, низкая стабильность, обусловленная

возможностью окисления Pt при определенных условиях. В настоящее время существует серьезная нехватка высокоэффективных электрокатализаторов, не связанных с драгоценными металлами, которые могут удовлетворить промышленный спрос [8]. Это стало ключевой проблемой, ограничивающей широкое применение электролитического гидролиза водорода и развитие глобальной водородной экономики.

1.2 Гидролизные катализаторы на основе MXene

Мембраны на основе двумерных соединений активно исследуются с целью дальнейшего применения для разделения смесей различных веществ. Наиболее изученным соединением является оксид графена (ОГ), мембраны на основе которого обладают высокой проницаемостью по отношению к парам воды, что обусловлено наличием гидроксогрупп (ОН) на поверхности частиц [9]. Благодаря высокой проницаемости такие мембраны могут использоваться для осушения газов. Но он имеет большое сопротивление, легко воссоединяется и плохо циркулирует. Из-за схожести структур с ОГ соединения MXene также активно исследуются в последние годы для их использования в качестве двумерных мембран.

MXene (Ti_3C_2 , Ti_2C , Nb_2C , V_2C , Ti_3CN , Mo_2C , V_4C_3 и другие) - это тип двумерного переходного металлического углеродного/нитридного соединения. Кристаллы MXene обычно представляют собой шестиугольную плотную аккумуляционную структуру, внутренний элемент X находится в центре тела октаэдра MXene [10]. MXene получают путем селективного растворения подрешетки соединений МАХ-фаз [11]. МАХ-фазы (общая формула $M_{n+1}AX_n$, где M – металл 4-6 группы периодической таблицы, А – элемент 13 или 14 группы, X – углерод и/или азот, $n = 1, 2$ или 3) сочетают в себе свойства металлов и керамики [12], а благодаря своей слоистой структуре проявляют высокие прочностные свойства.

Для получения MXene монокристаллические MAX-фазы чаще всего помещают в раствор плавиковой кислоты или соляной кислоты [13], в результате получается вещество с общей формулой $M_{n+1}X_nT_x$, где T – функциональная группа (-OH, -O, -F) на поверхностях частицы. Затем полученная фаза подвергается воздействию ультразвука или органических растворителей, с целью расщепить частицы на двумерные слои. Схематично процесс получения MXene показан на рисунке 1.1.

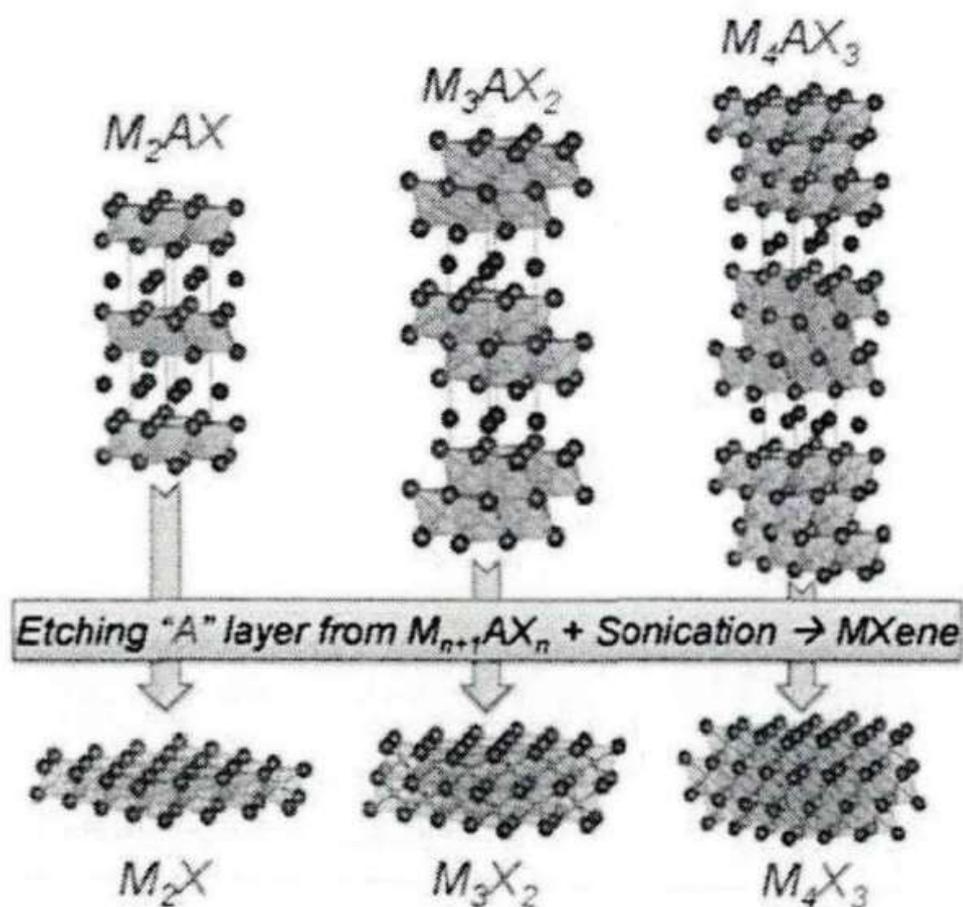


Рисунок 1.1 – Структурные схемы MAX-фаз и соответствующего MXene [10]

MXene обладает следующими характеристиками [14]:

– в двумерных материалах электроны ограничены в очень небольшом пространстве, что создает отличные электронные свойства;

– благодаря сильной внутренней ковалентной связи, двумерный материал демонстрирует превосходную механическую прочность, гибкость и оптическую прозрачность;

– имеет большую удельную поверхность, то есть имеет лучшие перспективы применения с точки зрения катализа;

– имеет регулируемую толщину, легко изготавливаемую;

– простота использования в сочетании с другими функциональными материалами.

Благодаря своим превосходным свойствам он получил широкое применение в таких областях, как батареи, электрокатализ, конденсаторы, фотовольтаика, медицина. Интеграция MXene с высокомолекулярными, керамическими и металлическими материалами широко изучена и достигла значительного прогресса.

1.3 Гибкие проводящие пленки MXene и нанокомпозиты с высокой емкостью

MXene - это новое семейство 2D - материалов, которое объединяет гидрофильные поверхности с электропроводностью металлов [15]. Слоистость MXene производит однослойные нанопластины толщиной около нанометров и поперечными размерами в микронах. Высокое соотношение диаметров слоя MXene делает его перспективным для применения в многофункциональных полимерных нанокомпозитах.

$Ti_3C_2T_x$ MXene смешивается с заряженным полидиэтилендиметилхлоридом аммония (PDDA) или электронейтральным поливиниловым спиртом (PVA) для получения композиционных материалов $Ti_3C_2T_x$ / полимеров. Подготовленный композит является гибким и имеет до 2,2× в случае композитной пленки $Ti_3C_2T_x$ / PVA. По сравнению с чистыми пленками $Ti_3C_2T_{x_0}$ или PVA прочность на растяжение композитов $Ti_3C_2T_x$ / PVA значительно выше. Встраивание и ограничение полимеров между

пластинами MXene не только повышает гибкость, но и усиливает катионное встраивание, обеспечивая впечатляющую объемную емкость около 530 F/cm^3 для композитной пленки MXene/PVA - KOH при 2 мВ/с. Насколько нам известно, это исследование является первым, но жизненно важным шагом в изучении потенциала использования MXenes в многофункциональных нанокompозитах на основе полимеров для многих применений, таких как структурные компоненты, устройства хранения энергии, носимые электронные устройства, электрохимические приводы и радиочастотные экраны.

Здесь мы показываем, что $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ flakes сам по себе или при смешивании с полимерами может создавать многофункциональные пленки с привлекательными механическими и электрохимическими свойствами. Были подготовлены чистые композитные мембраны $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_{x\text{an}}$ и $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ / полимеры с отличной электропроводностью, контролируемой толщиной и высокой гибкостью. По сравнению с чистым $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_{x0}$ или PVA, механическая прочность композитной пленки на основе $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ значительно выше. Когда она используется в качестве электрода суперконденсатора, композитная пленка демонстрирует впечатляющую объемную емкость в электролите KOH. Значения достигали 528 F/cm^3 при 2 мВ/с и 306 F/cm^3 при 100 мВ/с. Эти пленки также демонстрируют хорошую циркуляцию. Эти значения подчеркивают огромный потенциал использования MXene в суперконденсаторных электродах. Пленки с другими электролитами (например, ионными жидкостями) могут расширить диапазон потенциалов, а также могут генерировать электроды для литий - ионных батарей. С практической точки зрения, наши результаты показывают, что MXenes перспективен.

1.4 MXene: перспективный литий - ионный аккумулятор с переходным металлическим карбидным анодом

Здесь мы сообщаем [16], что Li был вставлен в новый двухмерный (2 - D) слоистый материал на основе Ti_2C (MXene) с окислительной поверхностью, который был сформирован путем травления Al из Ti_2AlC при комнатной температуре HF. Поглощение азота обработанным порошком показывает задержку десорбции, соответствующую наличию щелевых пористостей. При $23\text{ м}_2\text{г}^{-1}$ площадь поверхности на порядок выше, чем у необработанного Ti_2AlC . Циркуляционный вольт - ампер показывает пики лития и делития соответственно на 1,6 В и 2 В. При C / 25 стационарная емкость составляет 225 мАч г^{-1} ; При 1С 110 мАч г^{-1} после 80 циклов; При 3С после 120 циклов 80 мАч г^{-1} ; При 10С 70 мАч г^{-1} после 200 циклов. Поскольку Ti_2C входит в семейство MXene, где М является ранним переходным металлом, а X - С и / или N, которое до сих пор включало Ti_3C_2 , Ta_4C_3 , $TiNbC$ и $(V_{0.5}, Cr_{0.5})_3C_2$, наши результаты показывают, что MXene, как ожидается, будет служить анодным материалом для литий - ионных батарей.

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Материалы исследования

2.1.1 Получение порошка MXene

Фторид лития (LiF) в количестве 6 г медленно добавляли в 20 мл раствора соляной кислоты, после перемешивания в течение 5 минут, после чего в раствор несколько раз медленно вводили 1 г порошка MAX (Ti_3AlC_2). Полученный раствор перемешивался в вентиляционном шкафу в течение 24 часов. После перемешивания раствор помещали в центрифугу под 3500 оборотов в течение 10 минут. После центробежного разделения был получен черный осадок на дне пробирки. Центрифугирование повторялось 3 раза. Отделившаяся гидрофтористая жидкость удалялась в специальную емкость, а осадок промывался в дистиллированной воде ультразвуковой ванне 30 минут. Далее осадок помещался в вакуумный сушильный шкаф для получения черного твердого порошка MXene (рисунок 2.1). Целью использования вакуумных сушильных шкафов не воздуходувных сушильных коробок здесь является предотвращение окисления MXene.



Рисунок 2.1 - Порошок MXene после сушки

2.1.2 Получение катализатора $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$

Гранулы порошка MXene в количестве 0,06 г были смешаны с 0,124 г ацетата кобальта, 0,124 г уксусной кислоты, 0,2 г фторида аммония и 0,5 г мочевины. Полученную смесь разбавляли 80 мл воды и перемешивали в течение 1 часа. После перемешивания раствор разливался в 100 мл полифторэтиленовой футеровки и был помещен в гидротермальный реактор с установленной температурой 120 °C на 12 часов. Полученный раствор был отфильтрован, осадок промывался 3 раза с использованием дистиллированной воды и безводных этанолов, сушился в вакуумной камере. Далее в полученный порошок было добавлено 50 мл раствора сульфида натрия. После перемешивания раствор помещался в реактор при температуре 100°C на 3 часа. После очередной процедуры фильтрации и промывания дистиллированной водой и этанолом, порошковый осадок также сушили в вакуумной камере. После сушки полученное черное твердое вещество представлял собой катализатор $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$ (Рисунок 2.2)



Рисунок 2.2 - Чёрное твёрдое тело - $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$

2.1.3 Оборудование для получения катализатора $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$

Вытяжной шкаф относится к вентиляционному оборудованию и может быть использован для работы с химически вредными веществами в производственных, химических и специализированных лабораториях. Вытяжной шкаф решает задачу улавливания вредных веществ. Вытяжной шкаф включает в себя корпус с рабочим проемом в передней стенке, в нижней части рабочей камеры вдоль проема выполнено щелевое отверстие для удаления воздуха, полую заслонку, подключенную к приточному воздуховоду, внутри которой расположен сотовый наполнитель, необходимый для создания равномерной скорости выпуска воздуха. Верхняя часть шкафа затянута сеткой. Кроме того в рабочей камере вытяжного шкафа на его дальней стенке вертикально с одинаковым шагом установлены пластины имеющие форму усеченного прямоугольного треугольника, при этом сопряжение задней стенки с основанием камеры выполнено закругленным [17]. Внешний вид шкафа представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Вытяжной шкаф

Входная дверца вентиляционного шкафа может быть отрегулирована вверх и вниз, и чем меньше она открывается, тем лучше, так что при той же вытяжке воздуха она имеет лучшие результаты. Способность вентиляционного шкафа контролировать загрязняющие вещества в основном зависит от скорости ветра в отверстии, обычно рекомендуется скорость ветра в отверстии $0,3 \sim 1,5$ м / с.

Центрифуга – это механизм, который использует центробежную силу для разделения твердых частиц в суспензии от жидкости или для разделения двух нерастворимых жидкостей в эмульсии с разной плотностью. Специальные сверхскоростные сепараторы могут также отделять газовые смеси различной плотности. Используя различные характеристики скорости осаждения твердых частиц различной плотности или размера частиц в жидкости, некоторые седиментационные центрифуги могут также классифицировать твердые частицы по плотности или размеру частиц. Центрифуги широко используются в химическом, нефтяном, пищевом, фармацевтическом, обогатительном, угольном, водоочистном и судовом секторах [18].

Основной принцип фильтрационной центрифуги заключается в том, что центробежная сила, создаваемая высокоскоростным центробежным барабаном (в сочетании с соответствующим фильтром), ускоряет выброс жидкой фазы из барабана и оставляет твердую фазу, чтобы достичь эффекта обезвоживания. Выбор типа центрифуги должен основываться на размерах и концентрации твердых частиц в суспензии (или эмульсии), разности плотности между твердым веществом и жидкостью (или двумя жидкостями), вязкости жидкости, характеристиках фильтрата (или осадка). Внешний вид центрифуги ЕВА 19 R, использованной в работе представлен на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Внешний вид центрифуги EBA 19 R

Гидротермический реактор[19] – контейнер с физическими или химическими реакциями обеспечивает требуемую технологией функцию нагрева, испарения, охлаждения и низкоскоростного смешивания посредством конструкции и конфигурации параметров контейнера. Реакторы широко используются в нефтяных, химических, каучуковых, пестицидных, красителей, фармацевтических и пищевых областях и являются сосудами под давлением, используемыми для завершения процессов сульфирования, нитрации, гидрирования, углеводородизации, полимеризации, конденсации и других технологических процессов, таких как реакторы, реакторы, кастрюли для разложения, полимерные котлы и так далее. Внешний вид использованного в работе реактора представлен на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Гидротермический реактор

Принцип работы ультразвуковой ванны в основном состоит в том, чтобы преобразовать акустическую энергию источника ультразвуковых колебаний в механическую вибрацию жидкости, воздействие которой очищает поверхность материала, погруженного в эту жидкость. Внешний вид ванны DL-720D, использованной в работе, показан на рисунке 2.6. Генератор ультразвука выполнен с возможностью создания в режиме мойки кавитации в объеме воды в камере, а в режиме отжима и сушки с возможностью сушки погруженного в камеру материала. В режиме мойки циркуляционный насос выполнен с возможностью циркуляции воды по гидравлическим соединениям из камеры через мутномер в фильтр очистки, далее в блок управляющих клапанов, циркуляционный насос и обратно в камеру [20].



Рисунок 2.6 – Внешний вид ультразвуковой ванны

2.2 Параметры оценки производительности катализатора

Как было сказано выше, высокопроизводительные электролитические гидролизные катализаторы должны обладать отличной каталитической активностью, быстрой реакционной динамикой, хорошей стабильностью и коррозионной стойкостью. Среди них избыточный потенциал, наклон Таффеля, стабильность, электрохимическое сопротивление, площадь электрохимической активности и другие параметры являются важными показателями для оценки характеристик катализатора [21].

Переток – это разница между реакционным потенциалом катализатора и теоретическим потенциалом, измеренная методом дифференцированный аэрофото графической съёмки вольт - ампер с линейным сканированием (LSV). При той же плотности тока катализаторы с меньшим избыточным потенциалом обладают более высокой каталитической активностью.

В качестве важного параметра собственной динамики реакционного катализатора наклон Таффера меньше, а динамические процессы реакции более быстры. Наклон Таффеля получен путем выравнивания кривой LSV, уравнения Таффеля:

$$\eta = a + b \cdot \log|j|, \quad (1.2)$$

где η – это избыточный потенциал, а константа, на которую влияют электроды, электролиты и температура,

b - наклон Таффеля,

j - плотность тока.

Стабильность катализатора является одним из основных факторов, влияющих на его срок службы. В настоящее время широко используются три метода обнаружения [22]: метод циклических вольт - ампер, метод хронирования постоянного напряжения и метод хронирования постоянного тока. Метод циклических вольт - ампер (CV) использует многократное циклическое сканирование в определенном диапазоне напряжения для сравнения изменений изображения LSV до и после сканирования. Когда изменения происходят в течение нескольких часов, это означает, что катализатор обладает отличной стабильностью. Метод определения времени при постоянном напряжении означает испытание изменения тока со временем при постоянном напряжении. Если изменение тока меньше, это означает, что катализатор имеет хорошую стабильность. Правило времени постоянного тока означает, что напряжение изменяется со временем при постоянном токе. Если напряжение изменяется незначительно, это указывает на отличную стабильность катализатора.

Анализ электрохимического спектра импеданса (EIS) с использованием электрохимического сопротивления показывает скорость переноса заряда, где чем меньше сопротивление, тем быстрее происходит перенос заряда, что более благоприятствует реакции HER. Используя метод сопротивления переменного тока, выберите потенциал, в котором происходит реакция водорода, и измерьте кривую сопротивления. Используя эквивалентную схему, можно проанализировать сопротивление переноса заряда R_{ct} .

Площадь электрохимической активности отражает количество активных участков, присутствующих на поверхности электрода электрокатализатором, и чем больше площадь электрохимической активности, тем больше место каталитической активности. Традиционный метод измерения площади

электрохимической активности заключается в использовании кривой циркуляции вольт - ампер в нереакционной области для измерения двухслойной конденсаторной CDL на границе твердой жидкости электрода и сравнения наклона изменения тока при различных скоростях сканирования одного и того же потенциала для сравнения площади электрохимической активности. Чем больше наклон, тем больше площадь электрохимической активности.

2.2.1 Оборудование для анализа катализатора $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$

Электрохимическая рабочая станция – название электрохимической измерительной системы, используемой в исследованиях и преподавании электрохимии. Она может использоваться непосредственно для измерения стационарного тока на сверхмикроэлектродах. При подключении к усилителю микротока и экране можно измерить ток 1pA или ниже. При подключении к усилителю большого тока диапазон может быть расширен до $\pm 100\text{A}$. Некоторые экспериментальные методы могут достигать порядка $L0$ - кратного масштаба во времени, динамический диапазон чрезвычайно широк, а некоторые рабочие станции даже не имеют ограничений по времени записи. Можно проводить циклические вольт - амперы, метод сопротивления переменного тока, метод вольт - ампер переменного тока, титрование потенциала и другие измерения. Рабочие станции могут работать одновременно на двух, трех и четырех электродах. Четырехэлектродные станции могут использоваться для электрохимических измерений на жидком / жидком интерфейсе и также важны для электролитических бассейнов с большим током или низким сопротивлением (например, батарей) для устранения ошибок измерений, вызванных кабелями и контактным сопротивлением.

Внешний вид станции, использованной в работе, показан на рисунке 2.7.

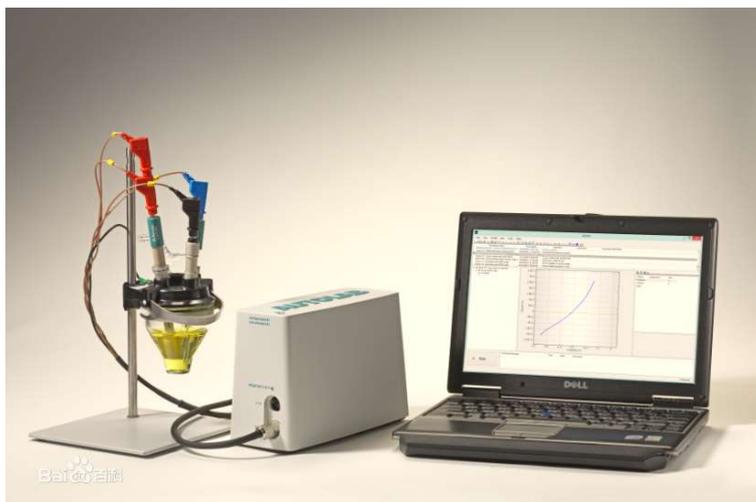


Рисунок 2.7 – Электрохимическая рабочая станция

Рентгеновский дифракционный анализ (XRD) – это метод рентгеновского анализа структуры вещества на основе дифракционных эффектов в кристаллическом материале. Каждый кристаллический материал имеет свою специфическую кристаллическую структуру, включая тип решетки, расстояние между кристаллами и другие параметры, облучает образец рентгеновскими лучами с достаточной энергией, вещество в образце возбуждается, генерирует вторичные флуоресцентные рентгеновские лучи (маркирующие рентгеновские лучи), кристаллические отражения кристаллов следуют законам Праги. Качественный анализ соединения может быть выполнен путем определения углового положения дифракции (пикового положения), интегральная прочность (пиковая прочность) спектральной линии может быть количественно проанализирована, а соотношение интенсивности спектральной линии с углом может быть определено для определения размера и формы зерна. Можно показать фазовый состав образца, степень кристаллизации, размер частицы и другую информацию. Перед испытанием нужное количество образцов порошка уплотняется на стенде для образцов кварца, а затем проверяется [23 -25].

Линейный метод сканирования вольт - ампер, сокращенно LSV. Линейный сканирующий вольт - ампер - это электрохимический экспериментальный метод [26]. Линейные сканирующие вольт - амперы (LSV)

являются более распространенным методом электрохимических испытаний, например, когда рабочий электрод является капающим ртутным электродом, который преобразуется в различные типы полярных спектральных методов, при которых линейное потенциальное сканирование (линейное соотношение между потенциалом и временем) применяется между рабочим электродом электролитического бассейна и вспомогательным электродом [27, 28]. Рабочими электродами являются поляризованные микроэлектроды, такие как капли ртути, статические ртутные электроды или другие твердые электроды. Вспомогательные и эталонные электроды имеют относительно большую площадь поверхности и не поляризуются. Общая скорость потенциального сканирования составляет от 0,001 до 0,1 В / с. Можно сканировать один раз или несколько раз.

Спектр электрохимического сопротивления измеряет изменение сопротивления с частотой синусоидальной волны, а затем анализирует динамику электродных процессов, двойной слой и диффузию и т. Д., Изучает электродные материалы, твердые электролиты, проводящие высокомолекулы и коррозионную защиту и другие механизмы.

Электрохимический спектр импеданса (Electrochemical Impedance Spectroscopy, EIS) [29] Потенциальная волна переменного тока, которая накладывает небольшие амплитуды различной частоты на электрохимическую систему, измеряет отношение потенциала переменного тока к электрическому сигналу (это отношение является сопротивлением системы) с частотой синусоидальной волны ω Изменение или фазовый угол сопротивления Φ с частотой синусоидальной волны ω Изменения.

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Сюн Вэй

Школа	Отделение школы (НОЦ)	Уровень образования	Направление/специальность
		Бакалавриат	03.03.02 «Физика»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Затраты на сырьё, размер окладов, затраты на электроэнергию, амортизационные расходы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>– Согласно проектной документации. Районный коэффициент 1.3</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>– Отчисления во внебюджетные фонды 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>– Потенциальные потребители результатов исследования; – проведение анализа конкурентоспособности.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>– цели и результаты проекта; – организационная структура проекта.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>– структура работ в рамках научного исследования; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НИ;
2. SWOT- анализ;
3. Диаграмма Ганта;
4. Бюджет затрат научно-технического исследования
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская.М.В	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Сюн Вэй		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. 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.

Цель данной ВКР – Проектирование и исследования электрокатализатора на основе Мхене, работающих на электролиз воды

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Областью применения результатов данного исследования является водородная энергетика. Соответственно потенциальными потребителями могут выступать заводы по производству водорода, бизнесмены, лаборатории.

В таблице 4.1 представлены потенциально заинтересованные стороны проекта.

Таблица 4.1 – Заинтересованные стороны проекта

Организации	Ожидания организаций
заводы по производству водорода	Использование результатов для улучшения промышленных процессов
бизнесмены	Использование результатов для разработки аккумуляторных изделий

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Большинство недавних исследований предпочитают добавлять устройства отображения данных непосредственно к контроллеру двигателя, поэтому требуется перепроектировать аппаратное и программное обеспечение устройства, что увеличивает нестабильность устройства. Этот метод лучше подходит для встроенных устройств с отличной производительностью системы и большим количеством ресурсных функций. Общие встроенные устройства в основном являются передними и задними системами, не имеют мощного распределения ресурсов и возможностей обработки задач операционной системы, а аппаратные ресурсы просты, меньше внешних модулей, ограниченное обновление. Таким образом, метод добавления только модулей 4G может эффективно снизить сложность устройства, улучшить стабильность устройства и высвободить производительность системы.

4.2.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Сильные стороны – это факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Указывают на отличительное преимущество проекта или ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза – это любая нежелательная ситуация, тенденция или изменение в условиях окружающей среды проекта, которая имеет разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

SWOT-анализ можно осуществить и представить в виде интерактивной матрицы работы, таблица 4.2, а также результирующих таблиц возможностей и угроз НИР, таблицы 4.3. Каждый фактор таблицы 2 помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» / «-».

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица проекта

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

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Низкие затраты .</p> <p>С2. Применение зрелого современного оборудования .</p> <p>С3. Опыт разработки зрелый .</p> <p>С4. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Оборудование точное, легко поврежденное .</p> <p>Сл2. Низкий спрос.</p> <p>Сл3. Нехватка кадровых резервов.</p> <p>Сл4. Отсутствие прототипа научной разработки.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>1. Создание условий для дальнейшего интеллектуального развития двигателя</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>1. Повышение внимания общества .</p> <p>2. Усиление подготовки соответствующих кадров .</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Низкий спрос на рынке</p> <p>У2. Сильная конкуренция на рынке</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>1. Благодаря возможностям системы своевременному финансированию продвижение на рынок может стать успешным.</p> <p>2. Повышение конкурентоспособности после модернизации разработки.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>1.Повышение спроса потребителей к продукту.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Приведённый анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований. При этом если переход разработки в стадию коммерциализации затянется, то возможна потеря спроса на готовую технологию.

4.3 Планирование научно-технического исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам работ. Планирование комплекса предполагаемых работ осуществлялось в следующем порядке:

- разработка задания;
- теоретические исследования;
- составление порядка эксперимента, выбор технических режимов;
- изготовление исследуемых образцов;
- изготовление подготовка исследуемых образцов к исследованиям;
- экспериментальные исследования;
- оценка результатов экспериментов;
- оформление отчёта по ВКР;
- подготовка к защите ВКР.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Распределение исполнителей и этапы выполняемых работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Продолжение таблицы 4.5

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Руководитель, инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, инженер
	7	Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	Руководитель, инженер, сотрудник-техник
	8	Изготовление исследуемых образцов	Инженер
	9	Подготовка исследуемых образцов к проведению экспериментов	Инженер
	10	Проведение экспериментов	Руководитель, инженер, сотрудник-техник
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями и подготовка к участию в конференции	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов и участие в конференции	Руководитель, инженер
	13	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер

Данная таблица отображает вклад каждого участника исследовательской работы. Наибольшая часть работы приходится на инженера (дипломника).

4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

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

С целью определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используем следующую формулу:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы, чел.дн.; t_{min} – минимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.дн.; t_{max} – максимально возможная трудоёмкость выполнения работы, чел.-дн. Оценка трудоёмкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 43 + 2 \cdot 91}{5} = 62.2 \text{ чел.-дн.}$$

Трудоёмкость выполнения научного исследования для сотрудника – техника:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 18}{5} = 10.8 \text{ чел.-дн.}$$

Трудоёмкость выполнения научного исследования для лаборанта:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 61 + 2 \cdot 129}{5} = 88.2 \text{ чел.-дн.}$$

Далее определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{di} – продолжительность одного этапа работы, раб.дн.; $t_{ож_i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность

исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Произведем длительно работ в рабочих днях.

Расчёт продолжительности работы выполнения научного исследования для научного руководителя:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} = \frac{62.2 \text{ чел.} - \text{дн.}}{1} \cdot 1 = 62.2 \text{ раб.дни}$$

Продолжительность работы выполнения научного исследования для сотрудника-техника:

$$T_{РД} = \frac{10.8 \text{ чел.} - \text{дн.}}{1} \cdot 1 = 10.8 \text{ раб.дни}$$

Продолжительность работы выполнения научного исследования для лаборанта:

$$T_{РД} = \frac{88.2 \text{ чел.} - \text{дн.}}{1} \cdot 1 = 88.2 \text{ раб.дни}$$

Ленточный график проведения научных работ изображается в форме диаграммы Ганта. Для построения диаграммы необходимо перевести рабочие дни в календарные дни, для чего воспользуемся следующим соотношением:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.4)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{К}$ – коэффициент календарности, определяющийся выражением 4.4.

$$T_{К} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{Вд} - T_{Пд}}, \quad (5.5)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{Вд}$ – количество выходных дней в году; $T_{Пд}$ – количество праздничных дней.

Рассчитаем коэффициент календарности по формуле 4.4:

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 66} = 1.22$$

Построим таблицу по результатам расчётов, в которой укажем трудоёмкости работ, название работы, а также укажем длительность работ в рабочих и календарных днях, таблица 4.6.

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Длит. работ в раб. дни Т _{рД}			Длит. работ в кален. дни Т _{кД}		
	t _{min} , чел.-дн			t _{max} , чел.-дн			t _{ож} , чел.-дн			НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ
	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ						
Составление и утверждение технического задания	2	-	-	4	-	-	2.8	-	-	2.8	-	-	3.4	-	-
Подбор и изучение материалов по теме	10	-	10	21	-	30	14.4	-	18	14.4	-	18	17.6	-	21.96
Проведение патентных исследований	5	-	7	8	-	15	6.2	-	10.2	6.2	-	10.2	7.6	-	12.4
Выбор направления исследований	3	-	5	4	-	7	3.4	-	5.8	3.4	-	5.8	4.2	-	7.1
Календарное планирование работ по теме	2	-	3	3	-	4	2.4	-	3.4	2.4	-	3.4	2.9	-	4.2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	-	7	6	-	10	4.8	-	8.2	4.8	-	8.2	5.9	-	10
Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	1	1	2	3	3	4	1.8	1.8	2.8	1.8	1.8	2.8	2.2	2.2	3.4
Изготовление исследуемых образцов	-	-	2	-	-	3	-	-	2.4	-	-	2.4	-	-	2.9
Подготовка образцов к проведению экспериментов	-	-	7	-	-	12	-	-	9	-	-	9	-	-	11
Проведение экспериментов	5	5	5	15	15	15	9	9	9	9	9	9	11	11	11
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями; подготовка к конференции*	5	-	7	10	-	12	7	-	9	7	-	9	8.5	-	11
Оценка эффективности полученных результатов; участие в конференции**	3	-	3	10	-	10	5.8	-	5.8	5.8	-	5.8	7.1	-	7.1
Определение целесообразности проведения ОКР	3	-	3	7	-	7	4.6	-	4.6	4.6	-	4.6	5.6	-	5.6
Итого	43	6	61	91	18	129	62.2	10.8	88.2	62.2	10.8	88.2	75.9	13.2	107.6

На основе таблицы 4.6, построим календарный план-график. График построим для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. Отметим области в зависимости от исполнителей, ответственных за конкретную работу, таблица 7.

Таблица 4.7 – Календарный план-график (график Ганта) проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{к_и} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																
				январь			февраль			март			апрель			май			июнь	
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	4.88	■																
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель	25.6		■	■	■													
		Инженер	36.6		■	■	■	■	■											
3	Проведение патентных исследований	Руководитель	9.8																	
		Инженер	18.3				■	■	■	■	■									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	4.9																	
		Инженер	8.5																	
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3.7																	
		Инженер	4.9																	
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель	7.3																	
		Инженер	12.2																	
7	Составление порядка эксперимента, выбор	Руководитель	3.7																	
		Инженер	4.9																	
		Сотрудник-техник	3.7																	

Таким образом, в ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Была построена диаграмма Ганта, наглядно демонстрирующая этапы выполнения проекта участниками.

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

4.4 Бюджет научного исследования

4.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

В данном разделе составлен полный бюджет научных исследований. Расходы научных исследований состоят из материальных затрат, расходов на специальные оборудования, основной и дополнительной заработной платы, социальные отчисления и накладные расходы.

В статью расходов входят затраты на приобретение материалов, комплектующих изделий, необходимых для выполнения работ по данному научному исследованию. В таблице 4.8 приведены расходы по данной статье.

Таблица 4.8 – Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
STM32F405 Плата разработки	110мм*150мм	1	5478	5478
SIM7600CE Полносетевой модуль	30*30*2.9мм	1	2563	2563
Всего за материалы				8041
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				242
Итого по статье				8283

По полученным данным, наибольшие расходы приходятся на порошок для печати образцов.

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В этом эксперименте для проектирования плат и разработки программных программ используются частные компьютеры, а также для записи программ с помощью соответствующего программного обеспечения, поэтому нет потерь специального оборудования для научной работы.

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

Основная заработная плата работников вычисляется по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата одного работника:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (5.8)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывалась по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot k_p \quad (5.10)$$

В таблице 4.9 представлен годовой баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели, в таблице 4.10 представлен расчет основной заработной платы.

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	5	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб/мес	Среднедневная ставка, руб/раб. день	Затраты времени, раб. дни	Основная заработная плата, руб
Научный руководитель	39000	1695.65	62.2	105469.43
Сотрудник-техник	13000	772.73	10.8	8345.48
Инженер	13000	772.73	88.2	68154.79
Итого				181969.7

По данным таблицы 4.10 получены данные по затратам на заработную плату сотрудников за весь период ВКР.

4.4.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (5.11)$$

где, $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.12-0.15).

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{доп} = 0.13 \cdot 105469.43 = 13711.02 \text{руб.}$$

Дополнительная заработная плата сотрудника-техника:

$$Z_{доп} = 0.13 \cdot 8345.48 = 1084.91 \text{руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера:

$$Z_{доп} = 0.13 \cdot 68154.79 = 8860.12 \text{руб.}$$

Суммарная дополнительная заработная плата равна 23656.05 рубль.

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Данные расходы включают обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2021 год составляет 30% (ПФ – 22%, ФФОМС – 5.1%, ФСС – 2.9%)

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{внеб.} = k_{внеб.} \cdot Z_{осн.} = 181969.7 \cdot 0.3 \approx 54590.91 \text{руб} \quad (5.12)$$

где $k_{внеб.}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды ($k_{внеб.} = 0,3$).

4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию

Потребляемая мощность анализатора составляет 7 кВт/час. Длительность еженедельной работы на комплексной технологической

установке составляет 2 часа. Стоимость электроэнергии в Томске составляет 5.748 рубля за 1 кВт/час. Стоимость электропотребления за 5 месяцев рассчитывается по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot Ц_{э} \cdot t_{об}, \quad (5.13)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час; $t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$, руб.
Персональный компьютер	646	0.3	1113,96
Комплексная технологическая установка	40	7	1609,44
Итого			2723,4

4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы

Данных затрат нет.

4.4.8 Формирование бюджета затрат НИИ

Расчет бюджета затрат в результате проведения НИИ представлен в таблице 4.12.

Величина накладных расходов определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = k_{нр} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \quad (5.14)$$

$$Z_{накл} = 0.16 * (54590.91 + 23656.05 + 181969.7) = 41634.66 \text{ руб.}$$

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %

Таблица 12 – Бюджет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	8283
Затраты на специальное оборудование для научных работ	0
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	181969.7
Затраты по доп. заработной плате исполнителей темы	23656.05
Отчисления во внебюджетные фонды	54590.91
Затраты на электроэнергию	2723,4
Затраты на научные производственные командировки	0
Накладные расходы	41634.66
Бюджет затрат	312857.72

4.5 Ресурсоэффективность

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трёх вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчёта, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{ФИНР}}^{\text{ИСП}i} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.15)$$

где Φ_{Pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.16)$$

В таблице 13 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта. Данный проект сравнивается с методикой качественного анализа материалов, заложенной в программе как базовая.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Основные методы
Способствует росту производительности труда	0.25	5	4
Соответствует требованиям потребителей	0.15	4	3
Энергосбережение	0.2	4	2
Надежность	0.2	4	3
Материалоемкость	0.2	5	4
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4.40	3.25

Характеристики имеют схожие критерии, так как методики реализованы для одного прибора. Каждая из представленных методик реализована для определённой задачи.

Пример расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 = 4.40$$

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

$$I_{исп} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}, \quad (5.17)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{CP} = \frac{I_{Д.П.}}{I_{ИСП}}, \quad (5.18)$$

В таблице 14 представлена сравнительная эффективность данного проекта с базовой методикой качественного анализа материалов.

Таблица 4.14 – Сравнительная эффективность

Показатели	Данный проект	Основные методы
Интегральный финансовый показатель	1,25	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,40	3,25
Интегральный показатель эффективности	4,40	3,25
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,15	0.85

Анализируя данные таблицы 14, разработанная методика эффективнее стандартной. Традиционная оценка экономической эффективности полученных результатов невозможны, т.к. они носят чисто научный характер.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» был выполнен анализ конкурентоспособности. Проведён SWOT-анализ проекта, в ходе которого были выявлены потенциальные внутренние и внешние сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Из анализа выяснили, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабостей, что свидетельствует о перспективности исследования. Сильными сторонами можно назвать то, что технология является экономичной, энергоэффективной

и экологичной, имеет маленький срок готовых результатов при проведении научного исследования и имеет квалифицированный персонал. К слабым сторонам можно отнести отсутствие прототипа научной разработки, Недостаток финансовых средств, большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования по материальным затратам (8238 руб.), затратам по основной заработной плате исполнителей тем (181969.7руб.), затратам по дополнительной заработной плате (23656.05 руб.), отчислениям во внебюджетные фонды (54590.91), затратам на электроэнергию (2723,4 руб.) и накладным расходам (41634.66 руб.). Всего бюджет составил 312857.72руб.

Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,40 из 5, что говорит о хорошей эффективности реализации технического проекта.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Сюн Вэй

ШКОЛА	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение	ОЭФ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Тема дипломной работы: «Разработка и исследование электрокатализатора на основе MXene»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<ul style="list-style-type: none"> • Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения) <p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p><i>Объект исследования:</i> электрокатализатор на основе Mxene, работающий на электролиз воды.</p> <p><i>Область применения:</i> водородная энергетика.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория для исследования высокотвердых материалов (Цзилинский университет, КНР).</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 8 м x 5 м x 3 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> центрифуга, вытяжной шкаф.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> синтез электрокатализатора CoS₂/NiS₂@MXene, анализ его стабильности и каталитического эффекта.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>Анализ показателей шума и вибрации</p> <ul style="list-style-type: none"> • установление соответствия показателей нормативному требованию; <p>Анализ показателей микроклимата</p> <ul style="list-style-type: none"> • показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. <p>Анализ освещенности рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; <p>Анализ электробезопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • наличие электроисточников, характер их опасности; • установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления. <p>Анализ пожарной безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. • категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. • Разработать схему эвакуации при пожаре. 	<p>Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты; • привести классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления, • категорию пожароопасности помещения, • марки огнетушителей, их назначение. <p>При отклонении показателя предложить мероприятия.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • защита селитебной зоны • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); 	<p>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки</p>

<ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); • анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); • разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.</p> <p>Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Рассматриваются 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой;</p> <p>2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии).</p> <p>Необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Сюн Вэй		

Глава 5. Социальная ответственность

Объектом исследования является электрокатализатор на основе Мхене, работающий на электролиз воды.

Исследование выполнялось в лаборатории для исследования высокотвердых материалов (Цилинский университет, КНР). Размеры помещения: высота 8 м, ширина 5 м, длина 3 м, площадь 120 м³. Рабочее оборудование – центрифуга, вытяжной шкаф.

В процессе проведения исследования выполняли синтез электрокатализатора CoS₂/NiS₂@MXene, анализ его стабильности и каталитического эффекта.

С целью оценки степени безопасности исследования свойств электрокатализатора на основе Мхене, работающего на электролиз воды, в данном разделе ВКР необходимо рассмотреть правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; потенциальные вредные и опасные факторы и способы снижения их воздействия; экологическую безопасность научного проекта, а также вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Организации должны соблюдать требования трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [30].

Согласно данному документу, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, в данном случае продолжительность рабочей недели составляет шесть дней. Как следствие,

применяется следующий режим работы: с понедельника по пятницу 7 часов в день, в субботу 5 часов в день. Оплата труда производится в размере не ниже уровня МРОТ, и нормы труда установлены в соответствии с уровнем техники, технологии, организации производства и труда.

Некоторые виды деятельности в лабораториях являются работами в тяжёлых и вредных условиях. Гарантии и компенсации для таких работников связаны с повышенной оплатой труда; сокращенной продолжительностью рабочего времени; дополнительным оплачиваемым отпуском; обеспечением лечебно-профилактическим питанием; досрочным назначением трудовой пенсии. Компенсации и гарантии регламентируются в трудовом кодексе Российской Федерации [30], в локальных нормативных актах, в коллективном договоре и трудовом договоре.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место располагается в аудитории В105 – лаборатории для исследования высокотвердых материалов (Цилиньский университет, КНР), лаборатория представляет собой комнату размером 8 м на 5 м, высотой 3 м, в лаборатории находится 2 окна (с видимым светом), постоянно 8 человека.

При проведении лабораторных работ работник лаборатории находится в положении стоя или сидя. Следовательно, при организации рабочего места лаборанта требуется соблюдение нормативов ГОСТ 12.2.032-78 [31] и ГОСТ 12.2.033-78 [32]. Лаборатория оснащена отоплением и вентиляцией. Для отделки помещений используют диффузно-отражающие материалы. Поверхность пола соответствует следующим требованиям: ровность, удобство для очистки, наличие антистатических свойств, отсутствие выбоин. В помещении держат аптечку первой медицинской помощи и огнетушитель. Расположение рабочего стола обеспечивает удобство работы за ним и дает возможность осмотра, а также ремонта находящегося на нем оборудования.

5.2 Производственная безопасность

Исследование выполнялось в лаборатории для исследования высокотвердых материалов (Цилинский университет, КНР) (ауд. В105 1 корпус). Для проведения исследования применяли центрифугу, вытяжной шкаф.

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 [32]. Перечень выявленных возможных опасных и вредных факторов представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [34] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [35] ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ [36]
2. Отклонение показателей микроклимата	+	+		ГОСТ 12.1.005-88 [37] ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ [38] СанПиН 1.2.3685-21 [39] ГОСТ 12.4.011-89 [40]
3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 [41] ГОСТ Р 12.1.019-2009 [13]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+		СанПиН 1.2.3685-21 [39]

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.2.1.1 Анализ показателей шума

Гигиенические нормативы по шуму устанавливаются национальным законодательством [34]. В таблице 5.2 показаны допустимые уровни шума представленные в Санитарных нормах [35].

Таблица 5.2 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Работа инженера в лаборатории относится к категории работ с легкой степенью напряженности и с легкой физической нагрузкой. Для рабочих мест таких работников предельно допустимый уровень шума составляет 80 дБА.

Длительное воздействие шума является причиной возникновения определенных заболеваний нервной системы. С воздействием шума, превышающего норму, связано повышение артериального давления, снижение слуха, и т. п. [34].

Показатели уровня шума в лаборатории соответствуют нормативам. При превышении норм по шуму нужно принимать меры по снижению уровня шума и защите работников от его воздействия в соответствии с [36], используя в том числе такие меры, как применение противошумных наушников, оборудование акустических экранов. Кроме того, необходимо рационально размещать рабочие места, а также создавать шумозащищенные зоны.

5.2.1.2 Анализ показателей микроклимата

Показателями микроклимата производственных помещений называются температура и относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха [44].

Влажность воздуха влияет на терморегуляцию организма: с высокой влажностью связано затруднение терморегуляции, слишком низкая влажность приводит к пересыханию слизистой оболочки дыхательных путей.

Движение воздуха в значительной степени отражается на самочувствии человека: результатом движения воздуха меньше нормы является головная боль; вследствие движения воздуха больше нормы возможны переохлаждение и простудные заболевания.

Если температуры окружающего воздуха высокие, то это может приводить к перегреву, обмороку, тепловому удару, обезвоживанию. Если температура окружающего воздуха на рабочем месте слишком низкая, то это может приводить к простудным заболеваниям, снижению иммунитета, замерзанию [47].

В таблице 5.3 обозначены оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственного помещения для категории работ «Легкая Ia» по ГОСТ 12.1.005-88 [49].

Таблица 5.3 – Требования к микроклимату помещения для категории работ «Легкая Ia»

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных,	оптимальная,	допустимая на рабочих местах постоянных и
		верхняя граница		нижняя граница					
		на рабочих местах							
	постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,2

В лаборатории существует опасность, что скорость движения воздуха недостаточна, и исследователи не могут работать в этой среде в течение длительного периода времени.

В ходе выполнения данной ВКР в лаборатории используется концентрированная соляная кислота и концентрированная серная кислота.

В случае превышения ПДК соляной кислоты в воздухе у работников возможны удушье, ожоги слизистой. Пары соляной кислоты могут стать причиной разрушения зубов, помутнения роговицы глаз, желудочно-кишечных расстройств.

На предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных

веществ, а также выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Необходимо аккуратно работать с кислотой. Для предотвращения попадания вредных веществ в организм работника рекомендуется использовать респираторы, противогазы, маски; очки; перчатки; защитные пасты и мази [40]. Контролем содержания вредных примесей в воздухе и на рабочих местах занимается санитарная лаборатория.

Для обеспечения соответствия показателей микроклимата требуемым оптимальным и допустимым нормам следует проводить измерение показателей микроклимата в соответствии с требованиями, представленными в СанПиН 1.2.3685-21 [39].

Чтобы поддерживать требуемые параметры микроклимата в рабочей зоне, используют защиту от источников теплового излучения, систему вентиляции, кондиционирование воздуха, отопление, влажную уборку, увлажнение воздуха.

В лабораториях требуется выполнение санитарно-гигиенических, медико-биологических и организационно-технических мероприятий:

- вентиляция и очистка воздуха;
- кондиционирование воздуха;
- локализация вредных факторов;
- отопление;
- автоматический контроль и сигнализация;
- дезодорация воздуха;
- использование оборудования и препаратов для дезинфекции, оградительных устройств, знаков безопасности;
- применение перчаток и респираторов в качестве средств защиты рук и органов дыхания [40].

5.2.1.3 Анализ электробезопасности

Электрический ток рассматривается в качестве повышенного источника опасности. В таблице 5.4 выделены предельно допустимые значения электрического тока при неаварийном режиме работы электрооборудования [41].

Таблица 5.4 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Основными источниками поражения электрическим током являются поврежденная проводка, розетка, выключатель и открытые металлические участки электроприборов.

К основным причинам воздействия тока на человека относятся ситуации: 1) человек случайно прикасается или приближается на опасное расстояние к токоведущим частям; 2) в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала на металлических частях оборудования появляется напряжение; 3) напряжение появляется на отключённых токоведущих частях, где работают люди, в связи с ошибочным включением установки; 4) провод замыкается на землю, в результате чего появляется шаговое напряжение на поверхности земли [46].

Электрический ток оказывает на человека следующие виды воздействия:

1) термическое – приводит к ожогам, нагреву кровеносных сосудов и других органов, вследствие чего в них появляются функциональные расстройства;

2) электролитическое – для электролитического действия тока характерно разложение крови и других органических жидкостей, что приводит к нарушениям их физико-химического состава;

3) механическое – повреждения (разрыв, расслоение и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта;

4) биологическое – может являться причиной нарушения и полного прекращения деятельности органов дыхания и кровообращения [47].

Электробезопасность включает следующие технические и организационные средства и мероприятия, предназначенные для обеспечения защиты людей от воздействия тока:

– выполнение электроустановок в соответствии с требованиями электробезопасности;

– использование электрического разделения;

– применение системы защитных проводов; применение электрического разделения сети [48].

Помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В2, а по классификации пожароопасных зон относится к зоне класса П-П [50]. Так надо.

По электрической опасности помещение относится к категории повышенной опасности.

5.2.1.4 Анализ показателей освещенности рабочей зоны

Нормы освещения лабораторий по [39] представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в лабораториях

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение КЕО e_n , %		Совмещенное освещение КЕО e_n , %		Искусственное освещение				
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещенность, лк		Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, КЕО e_n , % не более	
					при комбинированном освещении	при общем освещении			
					всего	от общего			
Г-0,8	2.4	1.9	2.0	0,5	397	255	367	37	37

В результате неблагоприятных условий освещения может утомляться зрительный анализатор, снижаться работоспособность, могут появляться профессиональные заболевания [48].

С неблагоприятными условиями освещения связано повышенное утомление и развитие близорукости. Неблагоприятные условия освещения вызывают повышенное утомление и апатию.

Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения способствует световому голоданию и снижению интенсивности обмена веществ в организме.

Для правильного освещения в лаборатории необходимо верно выбирать вид освещения, количество и расположение ламп, тип осветительных приборов. Лаборатория должна быть освещена верхним общим освещением.

Используемое в лаборатории освещение обеспечивает достаточную освещенность рабочей поверхности, освещенность стабильная, без блескости и без теней.

Лаборатория отвечает требованиям освещения.

5.3 Экологическая безопасность

В процессе проведения исследования выполняли анализ физических и химических свойств электрокатализаторов на основе Мхене, работающих на электролиз воды.

Защита селитебной зоны. При выполнении исследования нет необходимости применения особых средств защиты селитебной зоны. Лаборатория соответствует нормативным документам [49].

Защита атмосферы. Одним из возможных вредных факторов для окружающей среды при проведении исследования может быть нежелательное испарение используемых продуктов. Для исследования электрокатализаторов на основе Мхене, работающих на электролиз воды, смешивали концентрированную соляную кислоту. Средства защиты атмосферного воздуха от выбросов включают очистку выбросов от примесей в специальных аппаратах. Испарения, появляющиеся при проведении исследования, не превышают ПДК [42].

Защита гидросферы. В процессе исследования смешивали в пробирке фторид лития (LiF), раствор соляной кислоты (HCl) и MAX(Ti3C2Al). После проведения исследования раствор из пробирки выливали в цилиндр для жидких отходов. Для очистки сточных вод от органических растворителей используются методы экстракции, ректификации, абсорбция, обратный осмос

и ультрафильтрация и др. Превышение ПДК может оказать пагубное влияние на употребляющих такую воду людей, скот и растения. Концентрация в воде отходов, образовавшихся в процессе исследования, настолько мала, что вреда окружающей среде не принесет.

Защита литосферы. Утилизация отходов должна осуществляться в соответствии с действующим законодательством. Утилизация одноразовых средств индивидуальной защиты должна проходить в специальные герметичные контейнеры.

Таким образом, можно сказать, что в работе применены малоотходные технологии, исключающие попадание в атмосферу, гидросферу и литосферу вредных веществ в количестве, превышающем ПДН.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под чрезвычайными ситуациями понимаются опасные события или явления, в результате которых нарушается безопасность жизнедеятельности.

К основным причинам возникновения чрезвычайных ситуаций относятся две категории: 1) внешние – стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т. д.; 2) внутренние – сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина и т. п.

В лаборатории наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. ЧС техногенного характера называются ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах; пожаров, взрывов на объектах; загрязнения атмосферы отравляющими веществами. Следствием ЧС техногенного характера могут быть внезапное обрушение зданий и сооружений, нарушение

работы энергетических сетей, коммунального жизнеобеспечения, очистных сооружений, технологических линий и т. д.

В случае возникновения ЧС на предприятии, в лаборатории необходимо выполнить следующий комплекс мероприятий: 1) эвакуация; 2) укрытие людей в защитных сооружениях; 3) обеспечение индивидуальными средствами защиты; 4) организация медицинской помощи пострадавшим.

В качестве наиболее распространенной вероятной ЧС в лаборатории выделяют пожар.

Помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В2, а по классификации пожароопасных зон относится к зоне класса П-II [50].

Причины возникновения пожара могут быть электрического и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня); самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия: а) сотрудникам лаборатории необходимо пройти противопожарный инструктаж; б) необходимо знание сотрудниками расположения средств пожаротушения и умение ими пользоваться; в) требуется обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования; г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения необходимо содержать в исправном состоянии и располагать на видном и легко доступном месте.

Если в организации возник пожар, то после его ликвидации определяется возможность дальнейшего использования оборудования и имеющихся коммуникаций. В лаборатории исследовательское оборудование, трубопроводы, электрооборудование проверяются на соответствие их состояния нормам пожарной безопасности. В случае отсутствия повреждений можно продолжать работу [51].

Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы были получены образцы электрокатализаторов для электролиза водорода на основе соединений CoNiS_2 и $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$ и определены их характеристики, в частности переэлектрический потенциал, емкость, сопротивление и стабильность.

Полученные значения для катализатора $\text{CoNiS}_2@\text{MXene}$ превосходят характеристики CoNiS_2 на 74% (переэлектрический потенциал), 643% (ёмкость), 36% (сопротивление). Таким образом было установлено, что добавка MXene способствует улучшению эксплуатационных характеристик электрокатализатора на основе CoNiS_2 .

В рамках проведения оценки коммерческого потенциала и перспективности исследования работы установлено, что значение интегрального показателя ресурсоэффективности полученных материалов составляет 4,6, при значении 3,9 для аналогов. Таким образом представленная разработка является наиболее экономически эффективным и перспективным вариантом.

В ходе оценки рабочего места были определены основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе исследований, при разработке и эксплуатации материалов. Были описаны мероприятия по снижению уровней воздействия данных факторов. Рассмотрен характер воздействия разрабатываемых материалов на окружающую среду и предложены меры для минимизации последствий.

Список литературы

1. ПЕРМИНОВ Э. М. О проблемах развития мировой энергетики и ВИЭ //Энергетика за рубежом. – 2020. – №. 4. – С. 2-7.
2. Пономарев-Степной Я. Я., Столяревский А. Я. Атомно-водородная энергетика //Альтернативная энергетика и экология. – 2004. – №. 3. – С. 5-10.
3. САДЧИКОВ А. В., СИНИЦИН А. В. Критерии комплексной оценки сравнительной эффективности способов генерации водорода //Состояние и перспективы развития электро-и теплотехнологии (Бенардосовские чтения). – 2019. – С. 237-240.
4. Kuang P. et al. MXene-based photocatalysts //Journal of Materials Science & Technology. – 2020. – Т. 56. – С. 18-44.
5. Перминов Р. В. и др. МОЛНИЯ КАК АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО //Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. – 2021. – С. 58-61.
6. Канарёв Ф. М. Низкоамперный электролиз воды //Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, 2006. – Т. 4. – С. 250-255..
7. Ren X. et al. Current progress of Pt and Pt-based electrocatalysts used for fuel cells //Sustainable Energy & Fuels. – 2020. – Т. 4. – №. 1. – С. 15-30.
8. Pu Z. et al. Transition-metal phosphides: activity origin, energy-related electrocatalysis applications, and synthetic strategies //Advanced Functional Materials. – 2020. – Т. 30. – №. 45. – С. 2004009.
9. Петухов Д. И. и др. МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ КВАЗИДВУМЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО

РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ //VII Всероссийская конференция по наноматериалам. – 2020. – С. 15-16.

10. Naguib M. et al. 25th anniversary article: MXenes: a new family of two-dimensional materials //Advanced materials. – 2014. – Т. 26. – №. 7. – С. 992-1005.

11. Оводок Е. А. и др. Получение МАХ-фазы Ti_3AlC_2 в вакууме, ее структурная характеристика и формирование из нее пленок Ti_3C_2Tx (MXene). – 2021.

12. Журавель Л. В., Амосов Е. А. Некоторые закономерности Мах и мав фаз //Современные материалы, техника и технологии. – 2016. – №. 3 (6). – С. 22-26.

13. Позняк А. И. и др. Гибридный фотопреобразователь, модифицированный максенами. – 2019.

14. Ling Z. et al. Flexible and conductive MXene films and nanocomposites with high capacitance //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Т. 111. – №. 47. – С. 16676-16681.

15. Ling Z. et al. Flexible and conductive MXene films and nanocomposites with high capacitance //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Т. 111. – №. 47. – С. 16676-16681.

16. Naguib M. et al. MXene: a promising transition metal carbide anode for lithium-ion batteries //Electrochemistry Communications. – 2012. – Т. 16. – №. 1. – С. 61-64.

17. Боровицкий А. А., Угорова С. В., Тарасенко В. И. ВЫТЯЖНОЙ ШКАФ. – 2010.

18. Авроров В. А., Авроров Г. В. Центрифуга. – 2011.

19. Bai Y. et al. Generation laws and distribution characteristics of carbon dioxide hydrate in a reaction kettle //Experimental Thermal and Fluid Science. – 2020. – Т. 116. – С. 110125.

20. Страбыкин И. А. УСТРОЙСТВО И СПОСОБ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОЙКИ.

21. Тарасевич М. Р., Корчагин О. В. Электрокатализ и рН (обзор) //Электрохимия. – 2013. – Т. 49. – №. 7. – С. 676-676.
22. Мартынов Л. Ю. и др. Использование медных индикаторных электродов в вольтамперометрическом анализе //Тонкие химические технологии. – 2016. – Т. 11. – №. 5. – С. 26-41.
23. Бойко М. Е. и др. Исследование атомной, кристаллической, доменной структуры материалов на основе анализа дифракционных и абсорбционных рентгеновских данных (обзор) //Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85. – №. 11. – С. 1.
24. Анищик В. М., Понарядов В. В., Углов В. В. Дифракционный анализ. – 2011.
25. Шаталова О. В. и др. Рентгеновское дифракционное исследование структуры плюроники F-127 и его комплексов с тетрафенилпорфирином //Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 2008. – Т. 50. – №. 4. – С. 644-650.
26. Sharpe T. F. Low-Rate Cathodic Linear Sweep Voltammetry (LSV) Studies on Anodized Lead //Journal of the Electrochemical Society. – 1975. – Т. 122. – №. 7. – С. 845.
27. Montella C. LSV modelling of electrochemical systems through numerical inversion of Laplace transforms. I–The GS–LSV algorithm //Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2008. – Т. 614. – №. 1-2. – С. 121-130.
28. Montella C. LSV/CV modelling of electrochemical reactions with interfacial CPE behaviour, using the generalised Mittag–Leffler function //Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2012. – Т. 667. – С. 38-47.
29. Magar H. S., Hassan R. Y. A., Mulchandani A. Electrochemical impedance spectroscopy (EIS): Principles, construction, and biosensing applications //Sensors. – 2021. – Т. 21. – №. 19. – С. 6578.
30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019).

31. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
32. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования (дата введения: 01.01.1979).
33. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (дата введения: 01.03.2017).
34. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).
35. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.).
36. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).
37. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).
38. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (дата введения: 01.01.1977).
39. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением № 2 от 28 января 2021 г.).
40. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (дата введения: 01.07.1990).
41. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов (дата введения: 01.07.1983).
42. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2011).
43. Влияние шума на организм человека [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав

потребителей и благополучия человека по Карачаево-Черкесской республике. – 2011. – URL: <http://09.rospotrebnadzor.ru/content/vliyanie-shuma-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 20.03.2023).

44. Микроклимат на рабочем месте [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области – Кузбассу. – 2016. – URL: <http://42.rospotrebnadzor.ru/content/874/54136/> (дата обращения: 20.03.2023).

45. Мушников, В. С. Условия труда работающих: влияние нагревающего микроклимата промышленных помещений на организм человека: Методическая разработка / В. С. Мушников, В. В. Вьюхин, В. И. Лихтенштейн, Л. Г. Турчанинов. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 22 с.

46. Назаренко, О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 144 с.

47. Куликов, Г. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Г. Б. Куликов. – М.: МГУП, 2010. – 408 с.

48. Михалёва, К. А. Влияние параметров световой среды на здоровье человека / К. А. Михалёва [Электронный ресурс] // Городской округ Верхотурский. – 2017. – URL: <http://adm-verhotury.ru/social/helth/media/2017/10/16/vliyanie-parametrov-svetovoj-sredyi-na-zdorove-cheloveka/> (дата обращения: 20.03.2023).

49. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 14 февраля 2022 года).

50. ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изменениями от 30 апреля 2021 года).

51. ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности (утв. Министерством химической промышленности 25 июля 1979 г.).