

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электрохимическое осаждение металлического цинка на подложку Ti_3C_2 MXene.

УДК 669.53.056.3:621.359

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ван Юйци		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыпченко Владимир Сергеевич	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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 общепрофессиональные 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	Ван Юйци

Тема работы:

Электрохимическое осаждение металлического цинка на подложку Ti_3C_2 MXene	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2023, 27-79/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

06.06.2023

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (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.)</p>	<p>Водный цинк-ионный аккумулятор; Улучшенный аккумулятор с цинковым анодом, модифицированным материалом Ti_3C_2 MXene</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (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)</p>	<p>Содержание текстового документа</p> <ul style="list-style-type: none"> – Синтетический материал Ti_3C_2 MXene; – Изготовление симметричных элементов и полных батарей с цинковыми анодами, модифицированными материалом Ti_3C_2 MXene; – Проведение электрохимических испытаний; – результаты и обсуждение. <p>Перечень подлежащих разработке вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрохимические испытания симметричных и полных ячеек; 2. Внешний вид поверхностного осаждения испытуемой батареи после сканирования SEM;

<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Рисунок 1. 1. – Принципиальная схема композиционной структуры водной цинк-ионной батареи</p> <p>Рисунок 1.2. – Принципиальная схема проблем с цинковыми анодами в среднекислых/слабокислых электролитах</p> <p>Рисунок 2.1 – Принципиальная схема симметричных и полных ячеек</p> <p>Рисунок 3.1 – XRD спектр Ti_3C_2Tx</p> <p>Рисунок 2.3 – SEM-изображение Ti_3C_2Tx</p> <p>Рисунок 3.3 – EDS Ti_3C_2Tx</p> <p>Рисунок 3.4 – Электрохимическая импедансная спектроскопия цинк-модифицированных и не-Ti_3C_2 MXene-модифицированных аккумуляторов Zn</p> <p>Рисунок 3.5 – Циклическое испытание симметричных батарей</p> <p>Рисунок 3.6 – а) Морфология осаждения голого цинка при плотности тока 1 mA cm^{-2} и емкости осаждения $0,1 \text{ mAч cm}^{-2}$; б) Морфология осаждения...</p> <p>Рисунок 3.7 – Полный тест заряда и разряда аккумулятора постоянным током</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

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	Сыпченко В. С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ван Юйци		



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
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	Ван Юйци

Тема работы:

Электрохимическое осаждение металлического цинка на подложку Ti_3C_2 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	Сыпченко В. С.	к.ф.-м.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	Ван Юйци		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 82 с., 10 рис., 17 табл., 60 источников, 0 прил.

Ключевые слова: электрохимическое осаждение, подложки, цинковый анод, Ti_3C_2 MXene, батарея

Объектом исследования является безанодные литий-металлические батареи на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития

Цель работы – ___осуществить электрохимическое осаждение цинка на подложку Ti_3C_2 MXene и исследование его свойства.

В ходе работы проводились (исследования, расчеты и т. п.) исследования характеристик цинкового катода после осаждения Ti_3C_2 MXene

В результате (исследований, расчетов и т. п.) выявлено материал Ti_3C_2 MXene обладает хорошей электропроводностью. Результаты показывают, что поверхность цинкового анода, модифицированного материалом Ti_3C_2 MXene, более склонна к горизонтальному осаждению, что уменьшает образование дендритов, имеет более высокую емкость и лучшие циклические характеристики

Степень внедрения: проходят стадию испытания

Область применения: аккумуляторы энергии

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в перспективности использовании безанодных литий-металлических батарей на основе многослойного катодного материала с высоким содержанием лития, а разработанные методы позволяют батареи с более высокой энергией при меньших затратах

В будущем планируется использовать полученные результаты для совершенствования литий-металлических батарей

Оглавление

Введение	11
Глава 1. Цинк-ионные аккумуляторы и материалы MXene	13
1.1 Цинк-ионных аккумуляторы	13
1.1.1 Структура и принцип работы цинк-ионного аккумулятора	13
1.2.2 Проблемы с цинковыми анодами	15
1.1.3 Метод улучшения цинковых анодов	17
1.2 Введение в материалы MXene	18
1. 2.1 История развития материалов MXene	18
1.2.2 Состав материала MXene	19
1.2.3 Отличные свойства материала MXene	19
Вывод	20
Глава 2. Материалы и методы исследования	21
2.1 Спецификации и производители реагентов	21
2. 2 Подготовка исследуемых образцов	22
2. 3 Электрохимические исследования	25
Вывод	26
Глава 3. Анализ и обсуждение полученных результатов 错误! 未定义书签。	
3.1 Рентгеновская дифракция	错误! 未定义书签。
3.2 Сканирующий электронный микроскоп	错误! 未定义书签。
3.3 Фазовый состав	错误! 未定义书签。
3.4 Электрические испытания	错误! 未定义书签。
Вывод	错误! 未定义书签。
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	28
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	28

4.2 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	30
4.2.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	30
4.2.2 SWOT – анализ	32
4.3 Планирование научно-технического исследования	34
4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	35
4.4 Бюджет научного исследования	41
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	41
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	42
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	44
4.4.4 Дополнительная заработная плата	45
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	45
4.4.6 Расчет затрат на электроэнергию	46
4.4.7 Расчет затрат на научные и производственные командировки и накладные расходы	47
4.4.8 Формирование бюджета затрат НТИ	47
4.5 Ресурсоэффективность	48
Выводы	50
Глава 5. Социальная ответственность	54
Введение	54
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	55
5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.	55
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	55
5.2. Производственная безопасность.	58

5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.	58
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.	59
5.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте	59
5.2.2.2 Электромагнитное излучение	60
5.2.2.3 Шум.....	61
5.2.2.4 Пожар взрывоопасность	61
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	62
5.3. Экологическая безопасность	64
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	64
5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.	64
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды...	64
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	65
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	65
5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований	65
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	66
Вывод	67
Список литературы	68

Введение

Быстрое экономическое и социальное развитие укрепляет успех рынка крупного хранения энергии и повышает спрос на аккумуляторные технологии. Высокая мощность, высокая безопасность, высокая дружелюбие в окружающей среде и низкая стоимость являются основными требованиями к крупномасштабным устройствам хранения энергии [1]. Литий-ионные батареи, которые доминируют на рынках электромобилей и мобильной электроники, не соответствуют этим стандартам и, следовательно, менее конкурентоспособны. Перезаряжаемая водная цинковая ионная батареи предлагают превосходное решение из-за его невозможных водных электролитов. В целом, цинковые ионные батареи используют механизм вставки в катодах [2] и механизм осаждения/растворения в анодах [3]. Многочисленные исследования были опубликованы по обнаружению и разработке катодных материалов [2], которые включают оксиды марганца [4–6], оксиды ванадия [7,8], прусские голубые аналоги [9] и органические соединения [10]. Со стороны анода всегда предполагается, что цинк L является материалом по умолчанию в большинстве публикаций, чтобы использовать преимущества цинка L, таких как низкий окислительный потенциал (-0,762 В против стандартного водородного электрода), большую объемную мощность (5585 мАч см⁻³) и низкая стоимость. Другие анодные материалы, способные к вставке/извлечению ионов цинка, сообщались спорадически [11], но не вступили в академическое мейнстрим из-за потери мощности и неэффективности затрат.

До сих пор исследование цинковых ионных батарей было ограничено лабораторией, не имея никакой перспективы коммерциализации. Одним из основных препятствий является плохое велосипедное показатели цинка. Во время процесса осаждения дендриты производятся на анодах из-за внутренней склонности Цинка. Рост дендрита случайным образом приведет к проникновению сепаратора, создавая риск короткого замыкания ячейки. Кроме того, цинк L имеет неудовлетворительную обратимость в водных

электролитах, что продолжает оставаться значительным барьером для коммерциализации цинковых ионных батарей.

Были предприняты многочисленные попытки устранения трудностей цинкового анода, которые можно кратко обобщены как конструкция структуры, настройка электролита [13] и модификация интерфейса [14]. Как правило, стратегии проектирования структуры включают использование материалов с высокой удельной площадью поверхности в качестве субстрата осаждения [15]. Считается, что увеличенная рабочая область уменьшает плотность рабочего тока и потенциал для дендритов и боковых реакций [16]. Настройка электролита обычно используется для изменения координационной структуры ионов цинка в электролите путем введения иностранных растворителей/добавок или уменьшения содержания воды, что приводит к изменению механизма осаждения [12]. Стратегия модификации интерфейса заключается в украшении цинкового анода защитным и функционализированным, что может способствовать даже осаждению цинка и увеличить обратимость цинка [17,18]. В частности, этот метод стремится эффективно продлить срок службы цинкового анода.

Цель работы: осуществить электрохимическое осаждение цинка на подложку Ti_3C_2 MXene и исследование его свойства.

Для достижения поставленной цели были определены **следующие задачи:**

1. Синтезировать Ti_3C_2 и изготовить цинковую батарею с подложкой Ti_3C_2 Mxene;
2. Исследовать характеристики и свойств Ti_3C_2 Mxene;
3. Провести испытания по зарядке и разряди батареи постоянным током ;
4. Обработка и анализ полученных результатов

Глава 1. Цинк-ионные аккумуляторы и материалы MXene

1.1 Цинк-ионных аккумуляторы

1.1.1 Структура и принцип работы цинк-ионного аккумулятора

Водные цинк-ионные батареи обычно состоят из подготовленного катодного материала, металлического анода цинка, сепаратора батарей и водного электролита. Электролит обычно представляет собой нейтральный

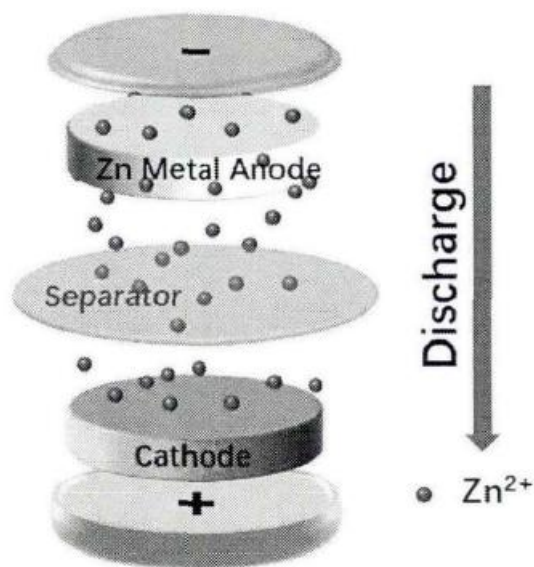


Рис. 1. 1. Принципиальная схема композиционной структуры водной цинк-ионной батареи

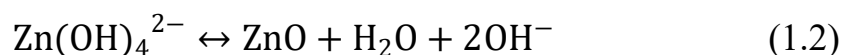
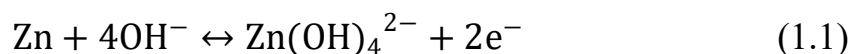
водный раствор или слабокислый водный раствор соли цинка, такой как $ZnSO_4$, $Zn(NO_3)_2$, $Zn(CF_3SO_3)_2$ и т.д., который играет роль переноса ионов между положительным и отрицательным электродами [19-21]. Аккумуляторные сепараторы обычно изготавливаются из стекловолокна или фильтровальной бумаги, и их функция заключается в изоляции положительных и отрицательных электродов и предотвращении контактных коротких замыканий при условии обеспечения ионной проводимости (Рис. 1.1). Цинковые металлические аноды обычно представляют собой цинковые хлопья или цинковый порошок [19]. Распространенными катодными материалами являются материалы на основе марганца [22,23], материалы на основе ванадия [24-26], производные прусского синего цвета [27-29] и так

далее. Водные цинк-ионные батареи являются вторичными перезаряжаемыми батареями.

В цинк-ионных батареях ионы цинка мигрируют между катодом и анодом через электролит. Свойства электролита будут непосредственно определять ионную проводимость, окно электрохимической стабильности и реакционный механизм аккумуляторной системы, что играет решающую роль в электрохимических характеристиках цинк-ионных батарей. Исследуемый электролит водного цинк-ионного аккумулятора можно разделить на щелочную систему, нейтральную или кислую систему по кислотности и щелочности раствора [36,37].

Ранние исследователи обнаружили, что аноды металлических цинка имеют кинетику быстрой реакции в щелочных электролитах, таких как КОН и NaOH, поэтому батареи на основе цинка, работающие в щелочных средах, широко изучены [30-32]. Сегодня щелочные цинк-марганцевые первичные батареи используются в различных областях повседневной жизни. В последние годы, чтобы улучшить коэффициент использования ресурсов, исследователи также изучили перезаряжаемые щелочные цинк-марганцевые батареи, а механизм хранения энергии традиционных щелочных цинк-марганцевых вторичных батарей составляет [33-35]:

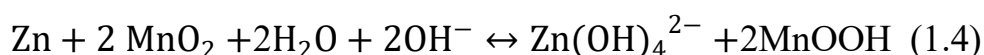
Отрицательный электрод батареи:



Катод батареи:



Общая реакция:



Амфотерные свойства металлического цинка заставляют цинк и электролит подвергаться химическим и электрохимическим реакциям, а серьезная побочная реакция взаимодействия электрода/электролита цинкового анода в щелочной электролитной системе вызовет низкий

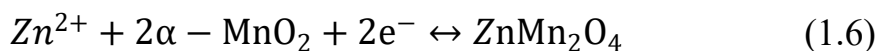
коэффициент использования активного цинка и быстрый распад емкости аккумулятора [38,39].

Подобно механизму разряда традиционных перезаряжаемых литий-ионных батарей, в нейтральных и слабокислых системах механизм высвобождения/хранения энергии традиционных цинк-ионных батарей представляет собой реакцию интеркаляции/удаления ионов цинка. Во время процесса разряда анод Zn окисляется до Zn^{2+} и растворяется в электролите, а Zn^{2+} в электролите рассеивается и внедряется в катодный материал для завершения разряда, обеспечивая тем самым баланс заряда в электролите. Напротив, при зарядке Zn^{2+} отделяется от катода и диффундирует для растворения в электролите, в то время как Zn^{2+} в электролите восстанавливается до Zn электронами на поверхности анода Zn. Механизм реакции цинк-ионных батарей с α - MnO_2 в качестве положительного электрода выглядит следующим образом [40] :

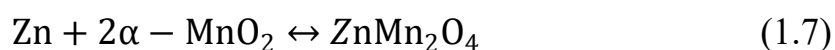
Отрицательный электрод батареи:



Катод батареи:



Общая реакция:



Типичным реакционным механизмом водных цинк-ионных батарей в нейтральных или слабокислых системах является механизм реакции интеркаляции/отслоения Zn^{2+} .

1.2.2 Проблемы с цинковыми анодами

Первая проблема – это неоднородность ионов цинка при электроосаждении. Изменение морфологии металла приведет к неравномерному распределению плотности тока по микроструктуре электрода, а разница в локальной плотности тока изменит сверхпотенциал электрода, что приведет ко второй проблеме металлического анода в условиях средней/слабой кислотности. [41]

Второй проблемой является явление эволюции водорода отрицательного электрода. Проблема эволюции водорода приведет к чрезмерному расходу электролита, повышению внутреннего давления в аккумуляторе и вызовет угрозы безопасности, а также повлияет на pH среды электролита, что приводит к третьей проблеме.

Третья проблема – коррозия отрицательного электрода. В среде средней/слабой кислотной среде Zn^{2+} должен был следовать формулам (1.5) и (1.6), то есть не было образования промежуточного продукта в процессе заряда и разряда, но проблемы 1 и 2 приводили к изменениям в среде pH электролита на некоторых участках поверхности электрода, что приводило к образованию небольшого количества гидроксида цинка и цинката анода цинка даже в среде/слабой кислотной среде. Эти побочные продукты снижают емкость и использование цинковых электродов, а также ионную проводимость, что приводит к потере энергии батареи.

Четвертая проблема – пассивация металлического цинка. Присутствие окислителей, таких как свободная вода и растворенный кислород в водном электролите, вызовет пассивацию металлического цинка, что также является неизбежной проблемой для металлического анода в водной среде.

Принципиальная схема вышеуказанных четырех вопросов показана на

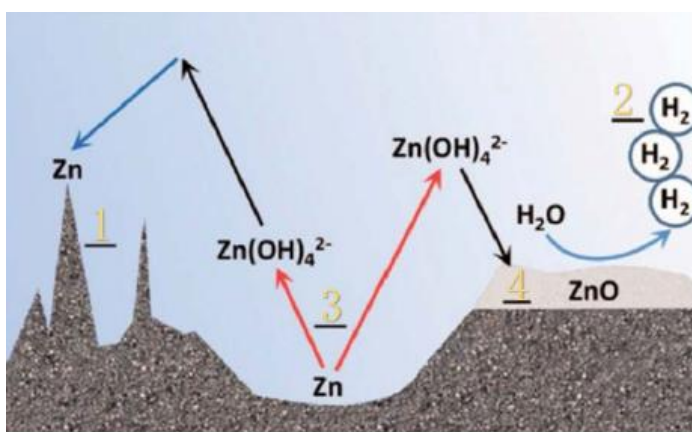


рис. 1.2.

Рис. 1.2. Принципиальная схема проблем с цинковыми анодами в среднекислых/слабокислых электролитах [42].

1.1.3 Метод улучшения цинковых анодов

Большое значение имеет предложение соответствующих стратегий для решения проблем избыточного роста дендритов анода цинка, эволюции водорода и пассивации поверхностной коррозии, что заключается в улучшении характеристик водных цинк-ионных аккумуляторов. Стратегия стабилизации цинкового анода в основном имеет следующие три аспекта: (1) модификация границы раздела металлического цинка с использованием методов *ex situ* или *in situ* для искусственного изменения слоя на поверхности цинкового анода. (2) Построить структуру нового электрода и спроектировать токосъемник трехмерной структуры. (3) Оптимизировать электролит: регулировать концентрацию электролита, использовать различные соли цинка, использовать электролитные добавки и т.д. Это кратко описано ниже.

Стратегия модификации интерфейса цинкового анода относится к добавлению защитного слоя между цинковым анодом и электролитом. Эффективный защитный слой позволяет избежать прямого контакта между металлическим цинком и электролитом, повысить равномерность осаждения ионов цинка, ингибировать образование побочных продуктов, тем самым повышая стабильность цинкового анода и улучшая общую производительность батареи. В настоящее время материалами, обычно используемыми в качестве защитного слоя цинкового анода, являются углерод, металлические частицы, оксиды металлов и органические материалы. [43-45]

Конструкция новой структуры является еще одной эффективной стратегией решения проблемы цинкового анода, и метод обычно выбирает трехмерную пористую наноструктуру с высокой проводимостью в качестве опорной структуры анода, чтобы получить равномерное распределение тока и морфологию осаждения, а также улучшить электрохимические характеристики батареи. Благодаря своей уникальной слоистой структуре и высокой электропроводности, материал MXene считается идеальным

материалом для переноса ионов металлов и реализации быстрого переноса ионов, поэтому он также часто используется в качестве опорного материала для анодов цинка. [46]

Принцип выбора электролита должен заключаться в том, чтобы иметь широкое электрохимическое окно, способствующее осаждению и растворению цинка. Ранние исследователи обнаружили, что металлические аноды цинка имеют кинетику быстрой реакции в щелочных электролитах, таких как КОН, поэтому батареи на основе цинка, работающие в щелочных средах, были широко изучены. Из-за высокой электрохимической активности и более высокой растворимости металлического цинка в щелочном электролите анод металлического цинка будет иметь серьезную самокоррозионную пассивацию и рост дендритов в щелочной среде, а производительность цикла будет серьезно затронута. [47]

1.2 Введение в материалы MXene

1.2.1 История развития материалов MXene

В 2011 году, с успешной изоляцией Ti_3C_2 , дверь 2D слоистого MXene была открыта и получила растущее внимание со стороны исследователей. MXene относится к семейству двумерных (2D) материалов, состоящих из атомных слоев переходного металла, карбида, нитридов или карбонитридов. Учитывая большую площадь поверхности, регулируемые концевые группы поверхности и отличную проводимость MXene, он показал захватывающий потенциал в фотокатализе, преобразовании энергии и многих других областях. Среди многих 2D MXene Ti_3C_2 был наиболее изученным из-за его доступности, низкой стоимости, легкой процедуры модификации и выдающихся электронных свойств. В предыдущих исследованиях Ti_3C_2 показал огромный потенциал в области фотокатализа. Ti_3C_2 в системе фотокатализа может улучшить разделение фотоиндуцированных электронов и дырок, уменьшить рекомбинацию заряда и, таким образом, улучшить производительность фотокатализа во многих системах. Чтобы настроить производительность Ti_3C_2 в различных приложениях, свойства Ti_3C_2 ,

включая морфологию, структуры и стабильность, настраиваются различным методом постобработки в гибридизированных материалах. [48,49]

1.2.2 Состав материала MXene

Общая формула MXene — $M_{n+1}X_nT_x$ ($n = 1-3$), где M представляет собой ранний переходный металл (такой как Ti, Zr, Hf, Ta и т. д.), «X» относится к углероду и/или азоту, а «Т» представляет собой поверхностные концевые группы (такие как кислород, гидроксил, хлор или фтор). [50] $M_{n+1}X_nT_x$ также может быть сокращено как $M_{n+1}X_n$, когда терминальные группы не выделены или не существуют. Примеры включают TiCN, [51] Ti_4N_3 [52], V_2C [53] и MoN[54]. До сих пор количество известных фаз MAX составляет более 70, [55] а потенциальное число MXene может быть намного больше, чем рассматривалось.

1.2.3 Отличные свойства материала MXene

Материалы Mxene привлекли внимание исследователей во многих областях.

Хранение энергии. С точки зрения структуры, MXene состоит из углеродного слоя и слоя переходного металла попеременно, что дает MXene хорошую проводимость и псевдоемкостные характеристики. Рациональное использование структурных и композиционных характеристик MXene позволяет получить электродные материалы с отличными эксплуатационными характеристиками, поэтому MXene имеет широкий спектр перспектив применения в области хранения энергии, включая суперконденсаторы, ионные батареи и т.д. [56-58]

Катализ. поверхность MXene содержит гидрофильные функциональные группы, которые позволяют ей формировать структурно устойчивые композиционные материалы с различными полупроводниковыми материалами; Во-вторых, открытые концевые металлы на MXene способны увеличивать окислительно-восстановительные участки на его поверхности; Кроме того, MXene обладает большой удельной площадью поверхности и отличной проводимостью металла, что может обеспечить эффективный

перенос носителей, благодаря чему он показывает большие перспективы применения в области катализаторов (таких как фото/электрокаталитическая деградация загрязняющих веществ, гидролиз водорода и восстановление углекислого газа и т.д.). [59]

Смазка. Из-за слабой межслойной силы MXene он легко отслаивается между слоями, поэтому он имеет хорошую самосмазывание. Кроме того, по сравнению с традиционными смазочными наполнителями на основе углерода (такими как графит, графен, углеродные нанотрубки и т. Д.), Он обладает сильными характеристиками межфазной связи и может образовывать прочную самосмазывающуюся передаточную пленку при нанесении в качестве смазочного наполнителя, что позволяет значительно снизить коэффициент трения и скорость износа его композитов, поэтому MXene имеет большое потенциальное значение применения в области трибологии [60].

Вывод

Безанодные литий-металлические батареи обладают преимуществами высокой плотности энергии, высокой безопасности и низкой стоимости, при их разработке все еще существует множество проблем в области высокого спроса на энергию, особенно литий расходуется в результате необратимых реакций с участием электролитов и металлов во время нанесения гальванических покрытий и зачистки, образуя «мертвые» элементы лития, что приводит к серьезной потере емкости, низкой кулоновской эффективности и другим проблемам. Обобщены три метода оптимизации безанодных литий-ионных аккумуляторов, а также обсуждены материалы катода и анодного коллектора безанодных аккумуляторов. Богатый литием материал выбран в качестве катодного материала батареи, поскольку он может восполнять запасы лития и увеличивать срок службы батареи; материал MXene выбран в качестве покрытия коллектора, чтобы эффективно подавлять рост ветвей кристаллов лития.

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Спецификации и производители реагентов

Наименования, спецификации и производители экспериментальных реагентов, используемых в данной работе, приведены в таб. 2.1.

Таб. 2.1

Реагентов	Молекулярное или краткое название	Поставщики
Абсолютный этанол	C_2H_5OH	Шанхайская компания аладдин биотек лимитед
N- метил-пиррол	NMP	Шанхайская компания аладдин биотек лимитед
Поливинилиденфторид	PVDF	Шанхайская компания аладдин биотек лимитед
полифторэтилен	HCL	Пекин химический завод
Углеродные нанотрубки	CNT	FSG Нано Химический Реагент Лтд
Проводящий углерод	Super P	Швейцарская компания с высоким графитом
Карбид титана и алюминия	Ti_3AlC_2	Цзилинъ Йийи Технологии Лтд
Фторид лития	LiF	Пекин Инокай Технолоджи Ко., Лтд.
диафрагма	Glass Fiber	Whatman
Корпус аккумулятора и прокладка пружинной пластины	CR 2032	Шэньчжэнь Xinwei Electronics Co., Ltd

Название, спецификация и информация о производителе экспериментальных приборов, используемых в настоящем документе, приведены в таблице 2.2.

Таб 2.2.

Название прибора	Модель прибора	Поставщик
Магнитный блендер	SZCL-2	Шанхай Юкан Научное и образовательное приборное оборудование Co., Ltd
Машина для инкапсуляции аккумуляторов	MSK-100	Хэфэй Кецзин Материалы Ко., Лтд.
Электрохимическая рабочая станция	VSP MPG2	Французская компания Bio-Logic
Вакуумная сублимационная сушилка	FD-1A-50	Во Yikang (Пекин) Instrument Co., Ltd
Электрохимический тестер	Land 2100	Ухань Блю Электроникс Ко., Лтд
Ультразвуковая чистящая машина	XM-250UHF	Ультразвуковой прибор Xiaomi (Куньшань) Co., Ltd
центрифуга	HC-3018	Компания anghaven instruments Co., Ltd
Сканирующий электронный микроскоп	SU8020	Японская компания Hitachi
Рентгеновский дифрактометр	D8Advance	Немецкая компания Bruker

2. 2 Подготовка исследуемых образцов

В этой статье есть два основных аспекта подготовки материала: один - сборка батарей, включая подготовку электродов, а другой - подготовка Ti_3C_2 MXene.

Для этого эксперимента требуется три типа электродов: электроды CNT/MnO₂ и металлоцинковые электроды со спиновым покрытием и материалом Ti_3C_2 MXene. Препарат электрода разрезают на круглые листы электрода диаметром 1 см таблеточным прессом. Приготовление Ti_3C_2 MXene, материала защитного слоя цинкового анода, заключается в нанесении подготовленного раствора Ti_3C_2 MXene на лист цинкового электрода, его сушке и отставлении в сторону.

Батарея в этом бумажном эксперименте представляет собой батарейку типа «таблетка». Корпус батареи, нано сепаратор из стекловолокна, прокладка, пружинный лист и лист электродов подготовлены выше. В исследовании этой статьи задействованы две модели батареи: симметричная батарея и полная батарея, как показано на рисунке 2.1.

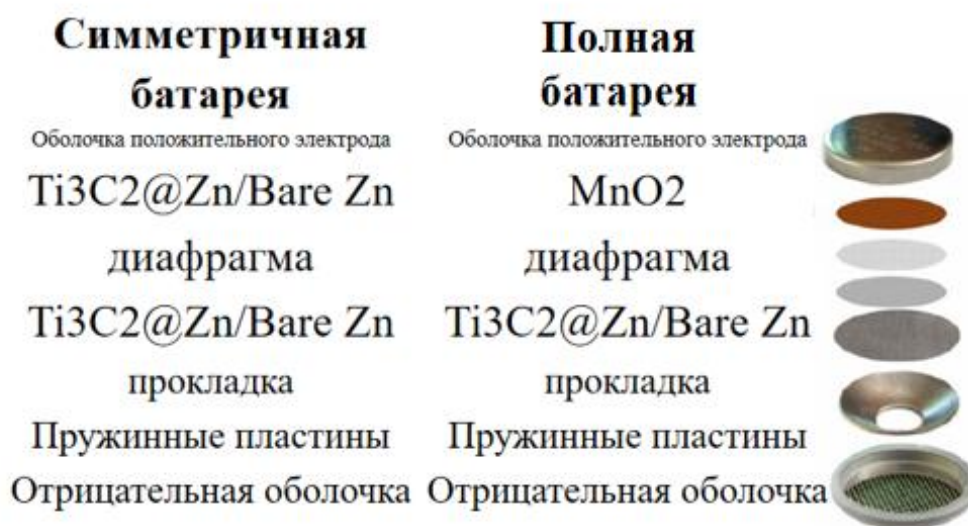


Рис. 2.1 Принципиальная схема симметричных и полных ячеек

Выполнен синтез Ti_3C_2 MXene. Сначала добавьте и смешайте 1,6 г LiF и 15 мл 9 М HCl в пластиковом стакане, чтобы синтезировать HF in situ в качестве травителя. Затем медленно добавьте в раствор 1 г предшественника Ti_3AlC_2 и перемешайте смесь примерно при 35 °C. Мультислои $Ti_3C_2T_x$ получают центрифугированием и промывкой продукта реакции несколько раз до тех пор, пока pH не приблизится к нейтральному. Многослойный $Ti_3C_2T_x$ подвергали ультразвуку в течение 1 часа в среде аргоновой ледяной ванны, а затем центрифугировали при 3500 об/мин в течение 1 часа, а темно-зеленая надосадочная жидкость, полученная центрифугированием, представляла собой монослой или многослойную дисперсию. Сублимационная сушка сепарации для получения многослойных твердых веществ $Ti_3C_2T_x$ (MX) для последующего определения характеристик и сравнения.

Подготовка катодного материала CNT/MnO₂. Все катоды CNT/MnO₂ представляют собой композитные катоды CNT/MnO₂ с нагрузкой активного материала около 1 мг см⁻². Сначала добавьте 2,27 г Mn (CH₃COO)₂ · 4H₂O к 20 мл деионизированной воды, перемешайте до полного растворения и сделайте раствор А для последующего использования. Затем 0,2 г УНТ равномерно диспергируют в 100 мл деионизированной воды с помощью ультразвука для получения однородной дисперсии УНТ. Добавьте 0,973 г перманганата калия в дисперсию УНТ, перемешайте до полного растворения и сделайте раствор В для последующего использования. Добавьте раствор А по каплям к В и обработайте ультразвуком в течение 1 часа. Затем раствор переносят в автоклав с футеровкой из ПТФЭ и нагревают при 120 °С в течение 12 часов. После охлаждения содержимое реакции несколько раз промывали деионизированной водой и безводными спиртами до получения темно-коричневого осадка, а осадок сушили в вакуумной печи при постоянной температуре 50 °С в течение 12 ч. Все катоды CNT/MnO₂ представляют собой композитные катоды CNT/MnO₂ с нагрузкой активного материала около 1 мг см⁻². CNT/MnO₂, Super P и PVDF смешивали в NMP в массовом соотношении 7:2:1 для получения суспензий. Затем суспензию наносят скребком на титановую фольгу и сушат при 50 °С в течение 12 часов в вакуумной сушильной печи для получения катодного материала CNT / MnO₂.

Подготовка листов отрицательных электродов. Отрицательный электрод Ti₃C₂, модифицированная MXene цинковая фольга (MXene@Zn) и голая цинковая фольга, используемые в этом эксперименте. MXene@Zn получали отжимным покрытием, а детали приготовления были следующими: MX (Ti₃C₂) и PVDF равномерно диспергировали в абсолютном этаноле при массовом соотношении 9:1 для получения раствора для спинового покрытия, в котором концентрацию MX (Ti₃C₂) контролировали на уровне 1 мг/мл, а затем отжимали на цинковой фольге при 3000 об/мин в течение 15 секунд и

сушили при комнатной температуре для получения MXene@Zn металлического анода.

Методы определения характеристик материалов, используемые в этом эксперименте, включают рентгеноструктурный анализ (XRD) и сканирующую электронную микроскопию (SEM).

Рентгеноструктурный анализ (XRD) — это метод исследования, который использует рентгеновские дифракционные эффекты образования кристаллов в образце для определения состава, структуры, типа кристалла и размерных характеристик образца.

Сканирующая электронная микроскопия (SEM) — это инструмент, используемый для характеристики физических и химических свойств тестовой поверхности образца, таких как морфология и состав. Когда высокоэнергетический падающий электронный пучок бомбардирует поверхность образца, область возбуждения генерирует сигналы возбуждения, такие как вторичные электроны и обратно рассеянные электроны, которые затем обнаруживаются и анализируются различными информационными детекторами и, наконец, отображаются на затворе трубки изображения. Ускоряющее напряжение, используемое в эксперименте, обычно составляет 3 кВ или 5 кВ с коэффициентом усиления от 20 до 800 К.

2.3 Электрохимические исследования

Электрохимические тесты, описанные в этой статье, включают электрохимическую импедансную спектроскопию (EIS) и гальваностатический тест заряда-дисканра.

Электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS), также известная как альтернативная импедансная спектроскопия, представляет собой метод измерения частотного диапазона. Применяя низкоамплитудный синусоидальный переменный сигнал с широким диапазоном частот к электрохимической системе, получается импеданс измерительной системы в зависимости от частоты синусоидальной волны ω , а также анализируется

информация о динамике электродного процесса и структуре раздела электродов, таких как бислой и диффузия.

Вывод

В главе представлен комплекс экспериментальных установок для исследования, который использовался для исследования экспериментальных образцов. Подробно описан процесс производства материалов Ti_3C_2 MXene, приведены методы, используемые для анализа образцов: Дифракция рентгеновских лучей (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS), а также приведена функциональная схема исследовательского устройства и описан процесс эксплуатации. Наконец, показан метод электрохимического испытания образца: испытание циклической вольтамперометрией (CV) и испытание на заряд и разряд постоянным током.

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Ван Юйци

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на сырьё, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование, основную и дополнительную заработную плату исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Налоговый кодекс Российской Федерации 2. ФЗ №212 от 24.07.2009 в ред. от 19.12.2016

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей результатов исследования, анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет уравнений эффективности НИИ. Расчет уравнений сравнительной эффективности НИИ.

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	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0Б91	Ван Юйци		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Темой настоящей ВКР является: Электрохимическое осаждение металлического цинка на подложку Ti_3C_2 MXene. Исследование представляет собой степень оптимизации Ti_3C_2 на цинковых батареях, таких как производительность цикла, эффект наконечника, побочные реакции, чтобы лучше разрабатывать цинковые батареи.

В процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью выполнения финансово-экономической части выпускной квалификационной работы является формирование навыков оценки результата научной работы и поиск источников финансирования для проведения научного исследования. 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

Потенциальными потребителями результатов являются гибридные энергетические транспортные средства, электромобили, электронные велосипеды и даже мобильные телефоны, и крупномасштабные устройства хранения. В каждой сфере необходимо изготовление материалов менее затратными способами, добываясь новых свойств и качеств. Это означает, что

потребители – крупные коммерческие и некоммерческие организации отраслевой принадлежности.

Для определения группы потребителей, которых может заинтересовать результаты данных научных исследований, необходимо провести сегментирование рынка.

Выбранные основные характеристики потребителей сегмента:

Месторасположение – регионы с развитыми отраслями тяжелой промышленности (авиастроение, машиностроение и ядерная энергетика).

Отношение к услуге – готовность внедрять новые технологии в технологический процесс.

Закупочные принципы – компании, проводящие централизованный закуп услуг.

Так как исследования представленных в работе представлены технологии получения новых композиционных материалов, которые ранее никем не производились, результаты будут интересны большинству организаций, вне зависимости от их месторасположения. Для определения группы потребителей, которых может заинтересовать данные композиционные материалы, необходимо провести сегментирование рынка. Карта сегментирования рынка по модификации поверхностей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Заинтересованные стороны проекта

Организации	Ожидания организаций
Научные центры	Использование полученных результатов для разработки и улучшения свойств полученной безанодной литиевой батареи
Организации в сфере машиностроения и электронной промышленности.	Использование результатов для разработки машиностроительной и электронной продукции

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

Цинк является массивным, безопасным и пригодным для вторичной переработки металлом. Он имеет высокую удельную энергию и плотность энергии, что очень подходит для аккумуляторов. Они легче, безопаснее и пригодны для вторичной переработки. Литий, в основном поставляемый Боливией и Китаем, стоит дорого и, вероятно, будет расти по мере роста мирового спроса. Кобальт, используемый в катодах для литий-ионных аккумуляторов, стоит дорого и имеет ограниченные ресурсы.

Детальный анализ конструктивного исполнения необходим, т.к. каждый тип конструктивного исполнения имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением оценочной карты. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1. Б_Ф – высокоинтенсивная модификация внутренней поверхности отверстий пучками ионов азота низкой энергии. Б_{К1} – нанесение защитных покрытий.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, для этого были отобраны 2 конкурентные разработки. Расчет показателя конкурентоспособности производился по формуле:

$$K = \sum iBB Vi, \quad (5.1)$$

где B_i – бал i -го показателя, V_i – вес показателя (в долях единицы).

Таблица 2 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы	Конкурентоспособность
-----------------	-----	-------	-----------------------

	критерия	Б _Ф	Б _{К1}	К _{КФ}	К _{К1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0.1	4	4	0.4	0.4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.05	4	3	0.2	0.15
3. Помехоустойчивость	0.05	4	2	0.2	0.1
4. Энергоэкономичность	0.05	4	4	0.2	0.2
5. Надежность	0.1	4	3	0.4	0.3
6. Уровень шума	0.05	3	3	0.15	0.15
7. Безопасность	0.01	5	5	0.05	0.05
8. Потребность в ресурсах памяти	0.1	4	4	0.4	0.4
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.1	5	3	0.5	0.3
10. Простота эксплуатации	0.05	4	4	0.2	0.2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0.05	4	4	0.2	0.2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0.01	5	5	0.05	0.05
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0.05	4	3	0.2	0.15
2. Уровень проникновения на рынок	0.02	5	5	0.1	0.1
3. Цена	0.03	4	4	0.12	0.12
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.03	4	4	0.12	0.12
5. Послепродажное обслуживание	0.01	4	4	0.04	0.04
6. Финансирование научной разработки	0.08	4	5	0.32	0.4
7. Срок выхода на рынок	0.05	4	4	0.2	0.2
8. Наличие сертификации разработки	0.01	4	4	0.04	0.04
Итого	1	83	77	4.09	3.67

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

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 2, а также результирующих таблиц возможностей и угроз НИР, таблицы 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 2 – Интерактивная матрица проекта

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

Таблица 3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>C1. Высокая скорость исследования</p> <p>C2. Высокие технологические свойства материала</p> <p>C3. Покрытие MXene увеличивает количество циклов и увеличивает срок службы батареи</p> <p>C4. Широкий спектр применения</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Условия приготовления материала более требовательны</p> <p>Сл2. Аккумулятор необходимо протестировать на долговременную емкость</p>
<p>Возможности</p> <p>B1. Высокая потребность современных отраслей промышленности в новых материалах</p> <p>B2. Возможность увеличения плотности емкости аккумулятора</p> <p>B3. Дальнейшее усовершенствование разработки</p>	<p>Направления развития</p> <p>B1C1. Высокоскоростное и экономичное исследование позволит повысить потребности производителей аккумуляторных батарей</p> <p>B2C3. MXene улучшает емкость плотность и срок службы аккумулятора, делая его экологически чистым</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>B1Сл1. Необходимо финансирование на новые материалы, что возможно реализовать в условиях вуза или профессиональных лабораторий.</p> <p>B2Сл2. Долговременное тестирование емкости аккумулятора и эффективности работы</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие других исследовательских групп, занимающимися схожими разработками</p> <p>У2. Отсутствие финансирования привело к тому, что многие группы выбрали оригинальные материалы</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства.</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У2С3. Благодаря возможностям системы своевременному финансированию продвижение на рынок может стать успешным</p> <p>У3С4.Повышение конкурентоспособности после разработки новых материалов.</p>	<p>Уязвимости</p> <p>У1Сл1. Сотрудничество с зарубежными исследователями</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 5.

Таблица 5 – Распределение исполнителей и этапы выполняемых работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, лаборант

исследований			(дипломник)
	3	Проведение патентных исследований	Руководитель, лаборант
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, лаборант
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, лаборант
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, лаборант
	7	Составление порядка эксперимента, выбор технических режимов	Руководитель, лаборант, сотрудник-техник
	8	Изготовление исследуемых образцов	Инженер
	9	Подготовка исследуемых образцов к проведению экспериментов	Инженер
	10	Проведение экспериментов	Руководитель, лаборант, сотрудник-техник
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями и подготовка к участию в конференции	Руководитель, лаборант
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов и участие в конференции	Руководитель, лаборант
	13	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, лаборант

Данная таблица отображает вклад каждого участника исследовательской работы. Наибольшая часть работы приходится на лаборанта (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 трудоемкость выполнения работы, чел.дн.; t_{min} – минимально возможная трудоемкость выполнения работы, чел.дн.; t_{max} – максимально возможная трудоемкость выполнения работы, чел.-дн. Оценка трудоемкости выполнения научного исследования для научного руководителя:

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

Трудоемкость выполнения научного исследования для сотрудника – техника:

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

Трудоемкость выполнения научного исследования для лаборанта:

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

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

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

где $T_{дi}$ – продолжительность одного этапа работы, раб.дн.; $t_{ожi}$ – 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:

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

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 6

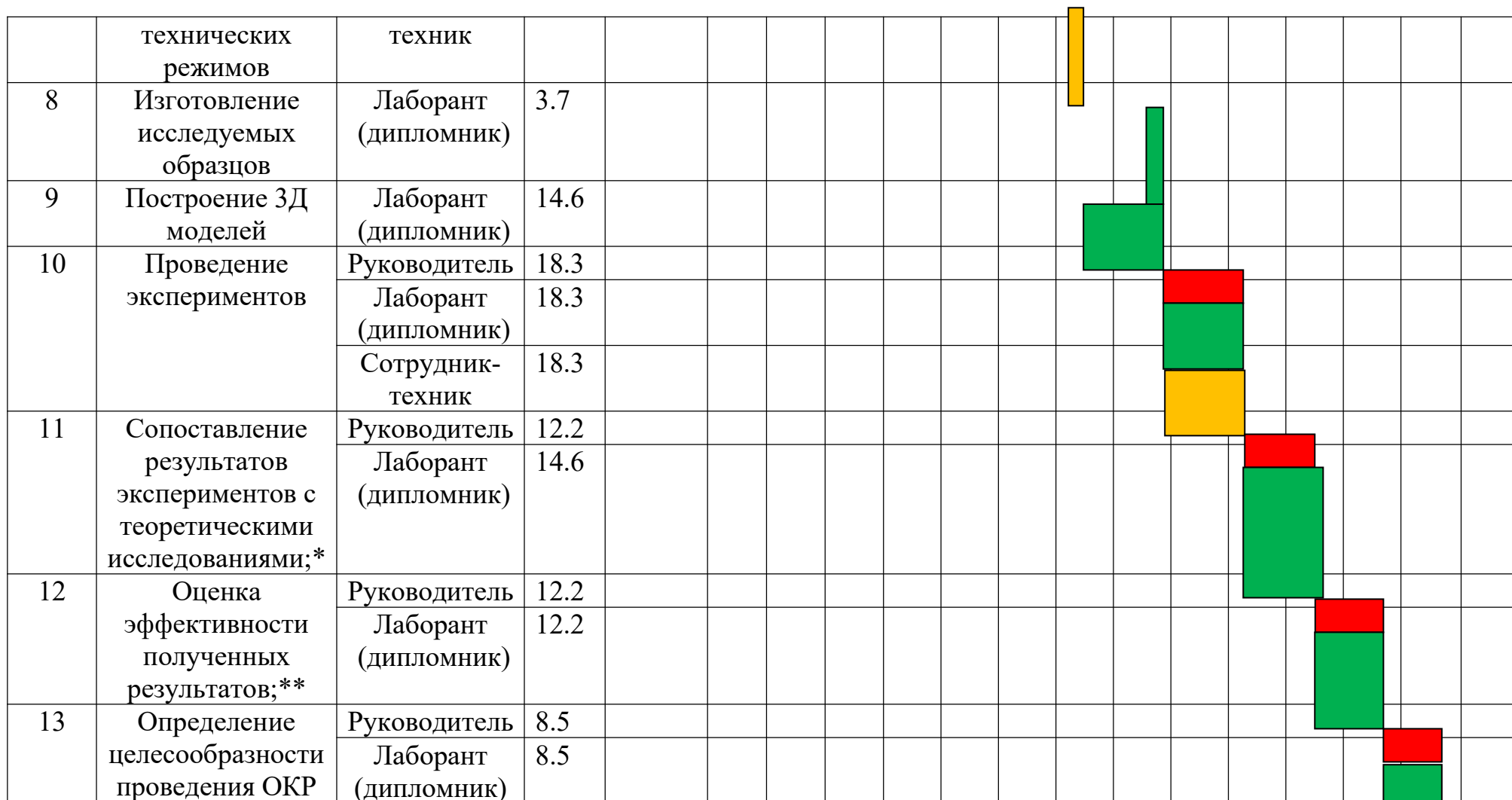
Название работы	Трудоемкость работ									Длит. работ в раб. дни Т _{РД}			Длит. работ в кален. дни Т _{КД}		
	t _{min} , чел.-дн			t _{max} , чел.-дн			t _{ож} , чел.-дн			НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ
	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ	НР	СТ	ЛАБ						
Составление и утверждение технического задания	2	-	-	4	-	-	2.8	-	-	2.8	-	-	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

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

На основе таблицы 6, построим календарный план-график. График построим для максимального по длительности дипломирования. Отметим области в зависимости от исполнителей, ответственных за конкретную работу, таблица 7.

Таблица 7 – Календарный план-график (график Ганта) проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , 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															
		Лаборант (дипломник)	36.6															
3	Проведение патентных исследований	Руководитель	9.8															
		Лаборант (дипломник)	18.3															
4	Выбор направления исследований	Руководитель	4.9															
		Лаборант (дипломник)	8.5															
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3.7															
		Лаборант (дипломник)	4.9															
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель	7.3															
		Лаборант (дипломник)	12.2															
7	Составление порядка эксперимента, выбор	Руководитель	3.7															
		Лаборант (дипломник)	4.9															
		Сотрудник-	3.7															



Руководитель темы
 - Лаборант (дипломник)
 - Сотрудник-техник

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 8 приведены расходы по данной статье.

Таблица 8 — Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Zn	кг	1	200	200
Спирт/C ₂ H ₅ OH	100 мл	2	45	90
N- метил-пиррол/NMP	100 мл	1	60	60
Поливинилиденфторид/PVDF	100 мл	1	60	60
Полифторэтилен/HCL	100 мл	1	40	40
Углеродные нанотрубки/CNT	100 мл	1	60	60
Проводящий углерод/Super P	100 мл	1	80	80
Карбид титана и алюминия/Ti ₃ AlC ₂	кг	1	80	80
Фторид лития/LiF	кг	1	60	60

Диафрагма/Glass Fiber	шт	4	20	200
Корпус аккумулятора и прокладка пружинной пластины/CR 2032	набор	4	45	180
Набор лабораторных инструментов	Малый	1	1000	1000
Всего за материалы				2220
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				111
Итого по статье				2331

По полученным данным, наибольшие расходы приходятся на порошок для экспериментальной материалы.

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В рамках выполнения исследования использовалось имеющееся в собственности ИФПМ СО РАН оборудование, и закупка дополнительного специального оборудования не производилась. В таком случае затраты на специальное оборудование отсутствуют. Однако в ходе эксплуатации оборудования средства были затрачены в соответствии с амортизационными отчислениями. Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

$$H_A = \frac{1}{n} = 0,1, \quad (5.6)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет

Амортизация:

$$A_M = \sum \frac{I \cdot H_A}{12} = 19507 \text{ рублей}$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; – время использования, мес. M

Таблица 9 — Амортизационные расходы

№	Наименование оборудования	Ст-ть, руб.	Срок полезного исп., лет	Н _А , %	Время исп., мес.	Амортизационные расходы, руб
1	Магнитный блендер	740000	7	14	1	8757
2	Машина для инкапсуляции аккумуляторов	145000	10	10	1	1500
3	Электрохимическая рабочая станция	145000	10	10	2	2417
4	Вакуумная сублимационная сушилка	500000	10	10	2	8333
5	Электрохимический тестер	145000	10	10	1	8500
6	Ультразвуковая чистящая машина	145000	10	10	1	1000
7	центрифуга	145000	10	10	1	1500
8	Сканирующий электронный микроскоп	450000	10	10	1	1500
9	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия	500000	10	10	1	5000
10	Рентгеновский дифрактометр	500000	10	10	1	2500
Итого:						15091

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.

В таблице 10 представлен годовой баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели, в таблице 11 представлен расчет основной заработной платы.

Таблица 10 — Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Сотрудник-техник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	52/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	48/5
- отпуск		

- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	246

Таблица 11 — Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб/мес	Среднедневная ставка, руб/раб. день	Затраты времени, раб. дни	Фонд, з/платы, руб
Научный руководитель	26116	1077.8	62.2	67039.16
Сотрудник-техник	26116	1077.8	10.8	11640,24
Лаборант (дипломник)	-	-	88.2	-
Итого				78679,4

По данным таблицы 11 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.10)$$

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

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0.13 \cdot 67039.12 = 8715.09 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата сотрудника-техника:

$$Z_{\text{доп}} = 0.13 \cdot 11640.24 = 1453.62 \text{ руб.}$$

Суммарная дополнительная заработная плата равна 10471,71 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:

$$Z_{внеб.} = k_{внеб.} \cdot Z_{осн.} = 69915 \cdot 0.3 \approx 20974.5 \text{ руб} \quad (5.11)$$

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:

$$C_{эл.об.} = P_{об.} \cdot Ц_{э} \cdot t_{об.}, \quad (5.12)$$

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 12.

Таблица 12 — 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

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов, а также организационных взносов на конференции. Расчеты по данному пункту представлены в таблице 13.

Таблица 13 — Расчет на научные и производственные командировки

Наименование мероприятия	Оплата, руб
Конференция «Перспективы развития фундаментальных наук XVIII)	1500
Итого: 1500 руб.	

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи. Накладные расходы определяются:

$$Z_{\text{накл}} = \frac{\sum \text{статей} \cdot 1}{7} \cdot k = 3143,45 \text{ рубля}$$

где k – коэффициент, учитывающий накладные расходы ($k = 0,16$).

4.4.8 Формирование бюджета затрат НТИ

Расчет бюджета затрат в результате проведения НТИ представлен в таблице 12.

Таблица 12 — Бюджет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб
Материальные затраты	10489,5
Затраты на специальное оборудование для научных работ	19507
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	72859,28
Затраты по доп. заработной плате исполнителей темы	9471,71

Отчисления во внебюджетные фонды	20974,5
Затраты на электроэнергию	2723,4
Затраты на научные производственные командировки	1500
Накладные расходы	3143,45
Бюджет затрат	140668,42

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:

$$I_{\text{ФИНР}}^{\text{ИСП}i} = \frac{\Phi_{Pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.13)$$

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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.14)$$

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

Таблица 13 — Сравнительная оценка характеристик

Критерии	Весовой	Данный	Базовая
----------	---------	--------	---------

	коэффициент параметра	проект	методика качественного анализа материалов
Способствует росту производительности труда	0.25	5	5
Соответствует требованиям потребителей	0.15	4	4
Энергосбережение	0.2	4	3
Надежность	0.2	4	4
Материалоемкость	0.2	5	4
Интегральный показатель ресурсоэффективности		4.45	4.25

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

Пример расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.2 \cdot 5 = 4.45$$

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

$$I_{исп} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}}, \quad (5.15)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{д.п.}}{I_{исп}}, \quad (5.16)$$

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

Таблица 14 — Сравнительная эффективность

Показатели	Данный проект	Базовая методика
------------	---------------	------------------

		качественного анализа материалов
Интегральный финансовый показатель	1	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.45	4.25
Интегральный показатель эффективности	4.45	4.25
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.05	0.95

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

Выводы

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 (10489,5 руб.), затратам на специальное оборудование для научной работы (19507 руб.),

затратам по основной заработной плате исполнителей тем (72859,28 руб.), затратам по дополнительной заработной плате (9471,71 руб.), затратам на научные и производственные командировки (1500 руб.), отчислениям во внебюджетные фонды (20974,5), затратам на электроэнергию (2723,4 руб.) и накладным расходам (3143,45 руб.). Всего бюджет составил 140668,42 руб.

Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,45 из 5, что говорит о хорошей эффективности реализации технического проекта.

Проведение такого рода оценки коммерческой ценности необходимо, чтобы оценить состояние и перспективы проводимых научных исследований.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
150Б91	Ван Юйци

ШКОЛА	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение	Отделение экспериментальн ой физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Шифр и наименование

Тема дипломной работы: «Электрохимическое осаждение металлического цинка на подложку

$Ti_3C_2 MXene$ »

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>Объект исследования – ... Область применения – ...</p> <p style="text-align: center;">Приводится перечень НТД, используемой в данном разделе.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p style="text-align: center;">Анализ показателей шума и вибрации</p> <ul style="list-style-type: none"> • установление соответствие показателей нормативному требованию; <p style="text-align: center;">Анализ показателей микроклимата</p> <ul style="list-style-type: none"> • показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности. <p style="text-align: center;">Анализ освещенности рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности; • при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету. <p style="text-align: center;">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. • при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету. <p style="text-align: center;">Анализ пожарной безопасности</p> <ul style="list-style-type: none"> • присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности. 	<p style="text-align: center;">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>

<ul style="list-style-type: none"> • категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение. • Разработать схему эвакуации при пожаре. 	
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> • защита селитебной зоны • анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); • 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>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов.</p> <p>Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <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>Предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.05.23 г.
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И.	д.т.н.		26.05.23 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б91	Ван Юйци		26.05.23 г.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Для синтеза катодных материалов Ti_3C_2 MXene и CNT/MnO₂ требуются центрифуги, магнитные смесители, ультразвуковые очистители и вакуумные сублимационные сушилки. Изучение характеристик аккумуляторов требует использования электрохимических рабочих станций, электрохимических тестеров, сканирующих электронных микроскопов и рентгеновских дифрактометров.

Основой для этой работы является успешное получение Ti_3C_2 MXene. Поэтому особое значение для этого исследования имеет устройство для синтеза Ti_3C_2 MXene. Анализ и обработка результатов, построение диаграмм происходят с помощью ПК.

Актуальности: это необходимо исследовать его социальная ответственность. В разделе «социальная ответственность» рассмотрим все перечисленные вопросы. А также экологическую безопасность, типичную ЧС и меры, которые применяют при ее возникновении.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

- Формы их реализации разнообразны:
- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Требования по охране труда и обязательная аттестация рабочих мест регламентируются гл. 34 ТК РФ.

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

К работе на установке для исследования термостимулированного газовыделения допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские

противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норма и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на установке для исследования термостимулированного газовыделения, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца.

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

1.инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;

2. инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В;

3. инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.

Документы по воздействию ПЭВМ:

1.инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;

3. ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;

Микроклимат:

1. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

2. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Шум:

1. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

2. СНиП П-12-77. Защита от шума.

5.2. Производственная безопасность.

5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы по их воздействию на организм можно разделить на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Исследовательское устройство состоит из магнитного смесителя, машины для инкапсуляции аккумуляторов, электрохимической рабочей станции, вакуумной сублимационной сушилки, электрохимического тестера, ультразвукового очистителя, центрифуги, сканирующего электронного микроскопа и рентгеновского дифрактометра.

Опасные и вредные факторы, которые присутствуют в данной работе представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработк а	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБГ. Шум. Общие требования безопасности [58], СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату
2. Превышение уровня шума	+	+		
3. Отсутствие или недостаток	+	+	+	

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	производственных помещений [59], СП 52.13330.2016
2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [60], ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность . Защитное заземление, зануление [61].

Перечисленные факторы могут оказывать влияние на здоровье, а также приводить к аварийным и опасным ситуациям, в связи с этим их необходимо контролировать в соответствии с перечисленными в таблице нормами и требованиями.

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

5.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте

Микроклимат производственных помещений определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Отклонения данных параметров от нормы оказывает вредное влияние на человека, при этом обычно возникают ухудшение самочувствия работника, снижение эффективности работы и различные заболевания. Неблагоприятные условия могут вызывать

перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению организма. Высокая температура приводит к быстрой утомляемости работника, может привести к перегреву организма, тепловому удару. А низкая температура может вызвать местное или общее охлаждение организма, и привести к простудному заболеванию либо обморожению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

5.2.2.2 Электромагнитное излучение

Научно-исследовательская работа выполнялась с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). При этом основным вредным фактором для инженера-исследователя является электромагнитное излучение, которое влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также может вызвать ослабление памяти и возникновение онкологических заболеваний.

Таблица 5.2 Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах.

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Напряженность электрического поля		5 В/см

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в табл. 5.2.

5.2.2.3 Шум

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования. Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука. Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

1. изменение направленности излучения шума;
2. рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
3. акустическую обработку помещений;
4. применение звукоизоляции.

Наиболее эффективны средства индивидуальной защиты (СИЗ), как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противозумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

5.2.2.4 Пожар взрывоопасность

Согласно НПБ 105-03 используемое помещение относится к категории пожароопасной В4, т.е. в которых находятся горючие и трудно горючие жидкости, вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), но удельная

пожарная нагрузка на участке находится в интервале 1-180МДж*м-2. В лаборатории разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка (мастерской, цеха и т. п.) в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Пожарные краны, огнетушители и другая пожарная техника для защиты объектов соответствует (ГОСТ 12.1.004-91 с измен. 21.10.1993 г).

Порошковые огнетушители используются в качестве первичного средства тушения пожаров класса А (твердых веществ), В (жидких веществ), С (газообразных веществ) и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В; огнетушители не пригодны для тушения загораний щелочных и щелочноземельных металлов и других материалов, горение которых может происходить без доступа воздуха.

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

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо правильно надеть спецодежду, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При выявлении неисправностей необходимо доложить руководителю лаборатории. Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если истек срок очередного освидетельствования баллона, истек срок проверки манометра, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда. Работа с установкой должна производиться в чистом помещении, свободном от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и

других вредных примесей, вызывающий коррозию. Недопустимо наличие открытого огня около прибора. После окончания работы с установкой необходимо:

1. Убедиться, что все клапаны контроллера закрыты;
2. Выйти из программы, отключить питание компьютера;
3. Отключить установку и насос от электросети

5.3. Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Разработанный макет лаборатории предполагает использование компьютера. Использование этих устройств напрямую связано с использованием электричества. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на окружающую среду, являясь источником различных видов загрязнения воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющих уровень его производства.

5.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.

Компьютер и установки отвечают высоким требованиям безопасности работы. Эти устройства соответствуют требованиям следующих международных стандартов безопасности для электрооборудования, применяемого для измерения, контроля и лабораторных исследований:

IEC 61010-1, EN 61010-1;

UL 61010-1, CSA 61010-1.

Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

В этой работе отходами является металлический порошок, образующийся при очистке деталей оборудования. Порошок в основном производится металлическим цинком, Ti_3C_2 , MnO_2 и т. Д. Для того, чтобы утилизировать эти отходы, их нужно сначала отделить, а затем перевезти на специальные площадки переработки.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть при работе с разработанным комплексом – пожар, так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания. Участок ПЭВМ по пожарной опасности относится к категории пожароопасных "В". Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворяют требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Помещение, где установлен ПК, относится ко второму классу - помещение с повышенной опасностью, из-за опасности прикосновения человека, не изолированного от земли, к корпусу ПК, оказавшемуся под напряжением. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновений и тока даются в ГОСТ 12.1.038-82.

5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. К причинам неэлектрического характера относятся:

- неисправность оборудования и нарушение процесса эксплуатации устройств;
- халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов);
- неисправность устройства или вентиляционной системы;

- самовоспламенение или самовозгорание веществ.

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

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

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Предполагаются следующие действия при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций:

- каждый работник, обнаруживший нарушения настоящей инструкции и правил по охране труда или заметивший неисправности оборудования, представляющую опасность для людей, обязан сообщить об этом непосредственному руководителю;
- в тех случаях, когда неисправность оборудования представляет угрожающую опасность для людей или самого оборудования, работник, её обнаруживший, обязан принять меры по прекращению действия оборудования, а затем известить об этом непосредственного руководителя. Устранение неисправности производится при соблюдении требований безопасности.

Вывод

В отношении безопасности и санитализации электрохимических отходов на рабочих местах, где металлический цинк содержится в подкладке Ti_3C_2 Мхене, были обнаружены вредные и опасные факторы, мероприятия и меры по защите, чрезвычайные обстоятельства и поведение в рабочем районе, и были описаны методы работы этого объекта. Чтобы обеспечить безопасность жизни, нужно следовать правилам.

Список литературы

1. G. Zampardi, F. La Mantia, Open challenges and good experimental practices in the research field of aqueous Zn-ion batteries, *Nat. Commun.* 13 (1) (2022) 687.
2. B.Y. Tang, L.T. Shan, S.Q. Liang, J. Zhou, Issues and opportunities facing aqueous zinc-ion batteries, *Energy Environ. Sci.* 12 (11) (2019) 3288–3304.
3. C.J. Xu, B.H. Li, H.D. Du, F.Y. Kang, Energetic zinc ion chemistry: the rechargeable zinc ion battery, *Angew. Chem. Int. Ed.* 51 (4) (2012) 933–935.
4. Q.H. Zhao, A.Y. Song, S.X. Ding, R.Z. Qin, Y.H. Cui, S.N. Li, F. Pan, Preintercalation strategy in manganese oxides for electrochemical energy storage: review and prospects, *Adv. Mater.* 32 (50) (2020) 2002450.
5. Q.H. Zhao, A.Y. Song, W.G. Zhao, R.Z. Qin, S.X. Ding, X. Chen, Y.L. Song, L. Y. Yang, H. Lin, S.N. Li, F. Pan, Boosting the energy density of aqueous batteries via facile grotthuss proton transport, *Angew. Chem. Int. Ed.* 60 (8) (2021) 4169–4174.
6. S. Ding, M. Zhang, R. Qin, J. Fang, H. Ren, H. Yi, L. Liu, W. Zhao, Y. Li, L. Yao, S. Li, Q. Zhao, F. Pan, Oxygen-deficient beta-MnO₂@graphene oxide cathode for high-rate and long-life aqueous zinc ion batteries, *Nano Micro Lett.* 13 (1) (2021) 173.
7. H.C. Yi, C.J. Zuo, H.Y. Ren, W.G. Zhao, Y.T. Wang, S.X. Ding, Y. Li, R.Z. Qin, L. Zhou, L. Yao, S.N. Li, Q.H. Zhao, F. Pan, Structure evolution and energy storage mechanism of Zn₃V₃O₈ spinel in aqueous zinc batteries, *Nanoscale* 13 (34) (2021) 14408–14416.
8. Y.T. Wang, C.X. Chen, H.Y. Ren, R.Z. Qin, H.C. Yi, S.X. Ding, Y. Li, L. Yao, S.N. Li, Q.H. Zhao, F. Pan, Superior cycling stability of H_{0.642}V₂O₅·0.143H₂O in rechargeable aqueous zinc batteries, *Sci. China Mater.* 65 (1) (2022) 78–84.

9. H.C. Yi, R.Z. Qin, S.X. Ding, Y.T. Wang, S.N. Li, Q.H. Zhao, F. Pan, Structure and properties of Prussian blue analogues in energy storage and conversion applications, *Adv. Funct. Mater.* 31 (6) (2021) 2006970.
10. Q. Zhao, W.W. Huang, Z.Q. Luo, L.J. Liu, Y. Lu, Y.X. Li, L. Li, J.Y. Hu, H. Ma, J. Chen, High-capacity aqueous zinc batteries using sustainable quinone electrodes, *Sci. Adv.* 4 (3) (2018) eaao1761.
11. X. Wang, Y.M. Wang, Y.P. Jiang, X.L. Li, Y. Liu, H.H. Xiao, Y. Ma, Y.Y. Huang, G. H. Yuan, Tailoring ultrahigh energy density and stable dendrite-free flexible anode with Ti₃C₂T_x MXene nanosheets and hydrated ammonium vanadate nanobelts for aqueous rocking-chair zinc ion batteries, *Adv. Funct. Mater.* 31 (35) (2021) 2103210.
12. R.Z. Qin, Y.T. Wang, M.Z. Zhang, Y. Wang, S.X. Ding, A.Y. Song, H.C. Yi, L. Y. Yang, Y.L. Song, Y.H. Cui, J. Liu, Z.Q. Wang, S.N. Li, Q.H. Zhao, F. Pan, Tuning Zn²⁺ coordination environment to suppress dendrite formation for highperformance Zn-ion batteries, *Nano Energy* 80 (2021), 105478.
13. B. Zhang, L. Qin, Y. Fang, Y. Chai, X. Xie, B. Lu, S. Liang, J. Zhou, Tuning Zn²⁺ coordination tunnel by hierarchical gel electrolyte for dendrite-free zinc anode, *Sci. Bull.* DOI: 10.1016/j.scib.2022.01.027.
14. P. Ruan, S. Liang, B. Lu, H.J. Fan, J. Zhou, Design strategies for high-energydensity aqueous zinc batteries, *Angew. Chem. Int. Ed.* (2022), e202200598.
15. C. Li, X. Xie, H. Liu, P. Wang, C. Deng, B. Lu, J. Zhou, S. Liang, Integrated ‘all-in-one’ strategy to stabilize zinc anodes for high-performance zinc-ion batteries, *Natl. Sci. Rev.* 9 (2022) nwab171.
16. Q. Yang, G. Liang, Y. Guo, Z. Liu, B. Yan, D. Wang, Z. Huang, X. Li, J. Fan, C. Zhi, Do zinc dendrites exist in neutral zinc batteries: a developed electrohealing strategy to in situ rescue in-service batteries, *Adv. Mater.* 31 (43) (2019), e1903778.
17. Y. Wang, Y.T. Wang, C.X. Chen, X. Chen, Q.H. Zhao, L.Y. Yang, L. Yao, R.Z. Qin, H. Wu, Z.Y. Jiang, F. Pan, Optimizing the sulfonic groups of a

polymer to coat the zinc anode for dendrite suppression, *Chem. Commun.* 57 (43) (2021) 5326–5329.

18. Y.H. Cui, Q.H. Zhao, X.J. Wu, X. Chen, J.L. Yang, Y.T. Wang, R.Z. Qin, S.X. Ding, Y.L. Song, J.W. Wu, K. Yang, Z.J. Wang, Z.W. Mei, Z.B. Song, H. Wu, Z.Y. Jiang, G.Y. Qian, L.Y. Yang, F. Pan, An interface-bridged organic-inorganic layer that suppresses dendrite formation and side reactions for ultra-long-life aqueous zinc metal anodes, *Angew. Chem. Int. Ed.* 59 (38) (2020) 16594–16601.

19. Xu. C, Li. B, Du. H, et al. Energetic zinc ion chemistry: the rechargeable zinc ion battery[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2012 51(4) , pp. 933-935.

20. Li. H, Xu. C, Han. C, et al. Enhancement on cycle performance of Zn anodes by activated carbon modification for neutral rechargeable zinc ion batteries [J]. *Electrochimica Acta*, 2017 229:422-428.

21. Yu. P, Zeng. Y, Zhang. H, et al. Flexible Zn-ion batteries: recent progresses and challenges [J]. *Small*, 2019 15 (7) :1804730.

22. Jiang. B, Xu. C, Wu. C, et al. Manganese sesquioxide as cathode material for multivalent zinc ion battery with high capacity and long cycle life [J]. *Electrochimica Acta*, 2017 229:422-428.

23. Han S-D, Kim s, Li. D, et al. Mechanism of Zn insertion into nanostructured $\delta - \text{MnO}_2$: a nonaqueous rechargeable Zn metal battery [J]. *Chemistry of Materials*, 2017 29 (11): 4874-4884.

24. Senguttuvan. P, Han S-D, Kim. S, et al. A high power rechargeable nonaqueous multivalent Zn/ V_2O_5 battery [J]. *Advanced Energy Materials*, 2016 6 (24): 1600826.

25. Wei. T, Li. Q, Yang. G, et al. An electrochemically induced bilayered structure facilitates long-life zinc storage of vanadium dioxide [J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2018 6 (17): 8006-8012.

26. Tang. B, Zhou. J, Fang. G, et al. Structural modification of V_2O_5 as high-performance aqueous zinc-ion battery cathode [J]. Journal of The Electrochemical Society, 2019 166 (4): A480-486.
27. Trócoli. R, La Mantia. F. An aqueous zinc-ion Battery based on copper hexacyanoferrate [J]. ChemSusChem, 2015, 8 (3): 481-485.
28. Zhang. L, Zhou. X, et al. Towards high-voltage aqueous metal-ion batteries beyond 1.5V: zinc/zinc hexacyanoferrate system [J]. Advanced Energy Materials, 2015, 5 (2): 1400930.
29. Jia. Z, Wang. B, Wang. Y. Copper hexacyanoferrate with a well-defined open framework as a positive electrode for aqueous zinc ion batteries [J]. Materials Chemistry and Physics, 2015 149-150: 601-606.
30. Wu G M, Lin S J, Yang C C. Alkaline Zn-air and Al-air cells based on novel solid PVA/PAA polymer electrolyte membranes [J]. Journal of Membrane Science, 2006, 280(1): 802-808.
31. Fu X-Z, Xu Q-C, Hu R-Z, et al. β -CoOOH coated spherical β -NiOOH as the positive electrode material for alkaline Zn-NiOOH battery [J]. Journal of Power Sources, 2007, 164(2): 916-920.
32. Liang G, Mo F, Wang D, et al. Commencing mild Ag--Zn batteries with long-term stability and ultra-flat voltage platform [J]. Energy Storage Materials, 2020, 25: 86-92.
33. Cao X, Xia H, Zhao X. Toward dendrite-free alkaline zinc-based rechargeable batteries: A minireview [J]. Functional Materials Letters, 2019, 12(05): 1930004.
34. Huang S, Zhu J, Tian J, et al. Recent progress in the electrolytes of aqueous zinc-ion batteries [J]. Chemistry -- A European Journal, 2019, 25(64): 14480-14494.
35. Wu T H, Zhang Y, Althouse Z D, et al. Nanoscale design of zinc anodes for high-energy aqueous rechargeable batteries [J]. Materials Today Nano, 2019, 6: 100032.

36. Huang S., Zhu J.Tian, J., et al., Recent Progress in the Electrolytes of Aqueous Zinc-Ion Batteries[J]. Chemistry-A European Journal, 2019,25:14480-14494.
37. Cao X., Xia H., Zhao X., Toward Dendrite-Free Alkaline Zinc-Based Rechargeable Batteries: A Minireview[J]. Functional Materials Letters, 2019,12: 1930004.
38. Han C., Li W., Liu H.-K., et al., Design Strategies for Developing Non-Precious Metal Based Bi-Functional Catalysts for Alkaline Electrolyte Based Zinc-Air Batteries[J]. Materials Horizons, 2019,6: 1812-1827.
39. Gaikwad A.M., Whiting G.L., Steingart D.A., et al. Highly Flexible, Printed Alkaline Batteries Based on Mesh-Embedded Electrodes[J]. Advanced Materials, 2011,23:3251-3255.
40. Gaikwad A.M., Whiting G.L., Steingart D.A., et al. Highly Flexible, Printed Alkaline Batteries Based on Mesh-Embedded Electrodes[J]. Advanced Materials, 2011,23:3251-3255.
41. Popov K I , SS Djokić, Grgur B N . Fundamental Aspects of Electrometallurgy[M]. Springer US, 2002.
42. Fu J, Cano Z P, Park M G, et al. Electrically Rechargeable Zinc-Air Batteries: Progress, Challenges, and Perspectives[J]. Advanced Materials, 2017,29(7).
43. Zhao Z , Zhao J , Hu Z , et al. Long-life and deeply rechargeable aqueous Zn anodes Metal Anode[J]. Advanced Materials Interfaces, 2018.5(16).
44. Zhao K, Wang Z, Yu Yan, et al. Ultrathin Surface Coating Enables Stabilized Zinc Metal Anode[J]. Advanced Materials Interfaces, 2018.5(16).
45. Kang L, Cui M , Jiang F , et al. Nanoporous CaCO₃ Coatings Enabled Uniform Zn Stripping/Plating for Long-life Zinc Rechargeable Aqueous Batteries[J]. Advanced Energy Materials, 2018,8(25).
46. Dong w , Shi J L, Wang T S , et al. 3D zinc@carbon fiber composite framework anode for aqueous Zn-MnO₂ batteries[J]. RSC Advances, 2018,8.

47. McLarnon F R, Cairns E J. The secondary alkaline zinc electrode [J]. *Journal of The Electrochemical Society*, 1991, 138(2): 645-656.
48. Naguib, M.; Kurtoglu, M.; Presser, V.; Lu, J.; Niu, J.; Heon, M.; Hultman, L.; Gogotsi, Y.; Barsoum, M. W. Two-Dimensional Nanocrystals Produced by Exfoliation of Ti_3AlC_2 . *Adv. Mater.* 2011, 23, 4248–4253.
49. Naguib, M.; Mashtalir, O.; Carle, J.; Presser, V.; Lu, J.; Hultman, L.; Gogotsi, Y.; Barsoum, M. W. Two-Dimensional Transition Metal Carbides. *ACS Nano* 2012, 6, 1322–1331.
50. Naguib, M.; Mochalin, V. N.; Barsoum, M. W.; Gogotsi, Y. 25th Anniversary Article: MXenes: A New Family of Two-Dimensional Materials. *Adv. Mater.* 2014, 26, 992–1005.
51. Naguib, M.; Mashtalir, O.; Carle, J.; Presser, V.; Lu, J.; Hultman, L.; Gogotsi, Y.; Barsoum, M. W. Two-Dimensional Transition Metal Carbides. *ACS Nano* 2012, 6, 1322–1331.
52. Urbankowski, P.; Anasori, B.; Makaryan, T.; Er, D.; Kota, S.; Walsh, P. L.; Zhao, M.; Shenoy, V. B.; Barsoum, M. W.; Gogotsi, Y. Synthesis of Two-Dimensional Titanium Nitride Ti_4N_3 (MXene). *Nanoscale* 2016, 8, 11385–11391.
53. Naguib, M.; Halim, J.; Lu, J.; Cook, K. M.; Hultman, L.; Gogotsi, Y.; Barsoum, M. W. New Two-Dimensional Niobium and Vanadium Carbides as Promising Materials for Li-Ion Batteries. *J. Am. Chem. Soc.* 2013, 135, 15966–15969.
54. Xie, J.; Li, S.; Zhang, X.; Zhang, J.; Wang, R.; Zhang, H.; Pan, B.; Xie, Y. Atomically-Thin Molybdenum Nitride Nanosheets with Exposed Active Surface Sites for Efficient Hydrogen Evolution. *Chem. Sci.* 2014, 5, 4615–4620.
55. Anasori, B.; Lukatskaya, M. R.; Gogotsi, Y. 2D Metal Carbides and Nitrides (MXenes) for Energy Storage. *Nat. Rev. Mater.* 2017, 2, 1–17.
56. D. Zhao, R. Zhao, S. Dong, X. Miao, Z. Zhang, C. Wang, L. Yin, Alkali-induced 3D crinkled porous Ti_3C_2 MXene architectures coupled with NiCoP

bimetallic phosphide nanoparticles as anodes for high-performance sodium-ion batteries, *Energy & Environmental Science*, 12 (2019) 2422-2432.

57. F. Ming, H. Liang, W. Zhang, J. Ming, Y. Lei, A.-H. Emwas, H.N. Alshareef, Porous MXenes enable high performance potassium ion capacitors, *Nano Energy*, 62 (2019) 853-860.

58. Y. Luo, G.-F. Chen, L. Ding, X. Chen, L.-X. Ding, H. Wang, Efficient Electrocatalytic N₂ Fixation with MXene under Ambient Conditions, *Joule*, 3 (2019) 279-289.

59. Y. Fan, D. Chen, X. Liu, G. Fan, B. Liu, Improving the hydrogen storage performance of lithium borohydride by Ti₃C₂ MXene, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (2019) 29297-29303.

60. Y. Guo, M. Zhong, Z. Fang, P. Wan, G. Yu, A Wearable Transient Pressure Sensor Made with MXene Nanosheets for Sensitive Broad-Range Human-Machine Interfacing, *Nano Lett*, 19 (2019) 1143-1150.