

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

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка метода темплатного синтеза наноструктур в алюмооксидных матрицах УДК 660.017-022.532

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б62	Лю Чун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Воронова Г.А.	канд.хим.наук, доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И.В.	канд.техн.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	доктор техн.наук		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Овечкин Б.Б.	канд. техн. наук, доцент		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 22.03.01

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде.
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Овечкин Б.Б.  
 (Подпись)     (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
154Б62	Лю Чун

Тема работы:

Разработка метода темплатного синтеза наноструктур в алюмооксидных матрицах	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ №59-87/с от 28.02.220

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2020 г
--	--------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработка методики темплатного синтеза металлических наноструктур с использованием матрицы пористого анодного оксида алюминия. Для задания формы и длины наноструктур используется темплатный синтез в алюмооксидной матрице, полученной методом анодного окисления алюминия. Форма и размер пор матрицы задают параметры металлических наноструктур.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(анализ литературных источников; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Анализ и систематизация литературных источников о состоянии проблемы;          Определение параметров, оказывающих влияния на образование наноструктур;          Подготовка матрицы АОА для электроосаждения нанокобальта;          Исследование характеристик структуры АОА с помощью АСМ;          Проведение электроосаждения кобальта в матрице АОА для получения нанонитей.          Исследование характеристик полученных наноструктур с помощью методов АСМ и РЭМ.          Проведение анализа по социальной ответственности и финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению</p>
---	--

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>График, схемы применяемых в работе</p>
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент.	Кашук И. В., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин А.И. профессор ООД ШБИП

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке**

Введение, литературный обзор, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность и заключение должны быть написаны на русском языке.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	13.04.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Воронова Г.А.	канд.хим.наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б62	Лю Чун		

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

Школа инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»  
 Уровень образования бакалавр  
 Отделение школы (НОЦ) отделение материаловедения  
 Период выполнения весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2020 г
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.04.2020	Социальная ответственность	15
23.04.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
03.05.2020	Литературный обзор	25
05.05.2020	Методика эксперимента	20
25.05.2020	Результаты и их обсуждение	25

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Воронова Г.А.	канд.хим.наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Овечкин Б.Б.	канд.техн.наук		

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

Студенту:

<b>Группа</b> 154Б62	<b>ФИО</b> Лю Чун
-------------------------	----------------------

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Расчет интегрального показателя эффективности

**Перечень графического материала**

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И. В.	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б62	Лю Чун		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б62	Лю Чун

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Разработка метода темплатного синтеза наноструктур в алюмооксидных матрицах

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект: пористый анодированный оксид алюминия Область применения: темплатный синтез наноразмерных частиц кобальта и никеля
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1. Отклонение показателей микроклимата.</p> <p>2. Превышение уровня шума.</p> <p>3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.</p> <p>4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы).</p> <p>Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы).</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	взрыв, пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А.И.	доктор техн.наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б62	Лю Чун		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 94 с., 38 рис., 26 табл., 70 источников.

Ключевые слова: темплатный синтез, наноструктуры, метод двухступенчатого анодирования, алюмооксидная матрица, электроосаждение.

Объектом исследования является разработка метода темплатного синтеза наноструктур в алюмооксидных матрицах.

Цель работы являются синтез матрицы АОА методом двухступенчатого анодирования и разработка методики темплатного синтеза металлических наноструктур в матрице АОА.

В работе представлены теоретические основы получения АОА и темплатного синтеза нанонитей.

В процессе исследования проводились анализ литературных данных о состоянии проблемы, разработаны режим и установка для эксперимента, проведено анодирование алюминия для получения АОА, электроосаждение кобальта и никеля в матрице АОА, исследование структуры полученных металлов в матрице АОА с помощью РЭМ и ЭДА.

В результате исследования были представлены выводы о характеристиках структуры полученных матрицы АОА методом двухступенчатого анодирования и частиц кобальта и никеля в матрице АОА «Anopore».

Область применения: мембранные технологии, оптика, микроэлектронные устройства, матрицы для темплатного синтеза.

В будущем планируется проведение исследования нанокompозитов на основе кобальта, полученных в матрице АОА, изучение режима формирования наноструктуры и применения таких материалов.



## **Перечень сокращений и обозначений**

В настоящей работе применяют следующие сокращения и обозначения:

АОА – Анодный оксид алюминия

VLS – Vapor-liquid-solid

VRS – voltage reduction sequence

ЭМХЭ – 1-этил-3-метилимидазолий хлорид этиленгликоля

АСМ – Атомно-силовая микроскопия

РЭМ – Растровый электронный микроскоп

ЭДА – Энергодисперсионный анализ

## Содержание

Оглавление	
Введение .....	12
Глава 1. Литературный обзор .....	14
1.1 Анодирование алюминия и его сплавов .....	14
1.2 Темплатный синтез в АОА: получение неметаллических и металлических нано- и микроструктур.....	19
1.2.1 Синтез металлических нано-и микроматериалов в АОА.....	19
1.2.2 Синтез неметаллических нано-и микроматериалов в АОА.....	23
1.3 Свойства, получение и применение металлических кобальтовых нанонитей, полученных в АОА .....	26
1.3.1 Свойства и применения нанокобальта .....	27
1.3.2 Темплатный синтез кобальтовых нанонитей в АОА.....	30
Глава 2. Методика эксперимента .....	34
2.1 Характеристика объектов исследования: мембраны АОА Anopore .....	34
2.2.1 Источник испытания ИПТ «Профигрупп» .....	37
2.2.2 Сканирующая атомно-силовая микроскопия .....	37
2.2.3 Растровый электронный микроскоп с применением энергодисперсионного анализа .....	39
Глава 3. Результаты и их обсуждение .....	40
3.1 Исследование характеристик структуры АОА с помощью РЭМ .....	40
3.2 Подготовка алюминиевых пластин к анодированию .....	41
3.3 Первая ступень анодирования .....	42
3.4 Удаление оксидного слоя АОА, полученного на первой стадии .....	44
3.5 Вторая ступень анодирования .....	45
3.6 Разработка экспериментальной установки для темплатного синтеза в АОА .....	46
3.7 Исследование свойств полученных образцов.....	50
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	55

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	55
4.1.2 SWOT-анализ метода темплатного синтеза.....	56
4.2. Планирование научно-исследовательских работ .....	58
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	58
4.2.2. Разработка графика проведения научного исследования .....	59
4.2.2. Разработка графика проведения исследования.....	60
4.2.3. Бюджет научно-технического исследования.....	62
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	68
Выводы по разделу.....	70
Глава 5. Социальная ответственность.....	71
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	71
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства .....	71
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	72
5.2 Производственная безопасность.....	73
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	74
5.3 Экологическая безопасность.....	81
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
Выводы по разделу.....	83
Заключение .....	84
Список использованных источников .....	86

## Введение

В 1984 году немецкий ученый Gleiter [1] успешно получил наноблочные металлические кристаллы железа, палладия, меди и т.д. Исследования наноматериалов постепенно стали горячей темой в области материаловедения. Благодаря своим структурным характеристикам наноматериалы имеют широкие перспективы применения в областях катализа, медицины, энергетики и др. Для приготовления наноматериалов с различными ожидаемыми свойствами были созданы различные синтетические методы. Темплатный метод является одним из выгодных методов синтеза и имеет ряд преимуществ: (1) экспериментальная простота; (2) не требует дорогих материалов и затрат других ресурсов; (3) размер и форма наноматериалов точно контролируются; (4) можно предотвратить адсорбцию наноматериалов. Одним из перспективных темплатов является пористый анодный оксид алюминия (АОА), имеющий пористую структуру. Поры, расположенные на поверхности анодного оксида алюминия, обладают высокой упорядоченностью [2]. Пористый АОА обладает такими характеристиками, как высокая пористость, устойчивость к высокой температуре, хорошая изоляция, простота приготовления мембраны, простой метод синтеза и легкое отделение нанотрубок и наностержней, образованных в порах мембраны. Данный материал характеризуется достаточной механической прочностью, а также уникальными диэлектрическими и оптическими свойствами [3]. В 1995 году способ получения пленок АОА был открыт впервые и с развитием нанотехнологий привлек научных исследователей.

В процессе синтеза можно варьировать параметры: размер пор (от нескольких нм до 500 нм), длину пор (толщину АОА – от десятков нм до десятков мкм) и расстояние между соседних пор (толщину стенок пор). Такие уникальные параметры позволяют использовать пленки АОА в качестве неорганических мембран для синтеза наноматериалов [4],

двумерных фотонных кристаллов [5]. В настоящее время пленки АОО применяются в качестве темплатных матриц для синтеза наноструктур из различных материалов (металлов, сплавов, неметаллов, в т.ч. полупроводников). Такие наноматериалы используются для создания магнитных устройств хранения информации, обладают высокой плотностью записи. Полученные наноразмерные материалы еще применяются для получения высокочувствительных химических сенсоров, электронных устройств нанометровых размеров и биохимических мембран [6,7].

Целью работы являются синтез матрицы АОО методом двухступенчатого анодирования и разработка методики темплатного синтеза металлических наноструктур в матрице АОО.

Задачи исследования:

1. Анализ и систематизация литературных источников о состоянии проблемы;
2. Синтез матрицы АОО методом двухступенчатого анодирования . Исследование характеристик структуры полученного АОО с помощью АСМ и РЭМ;
3. Разработка экспериментальной установки для темплатного синтеза электроосаждением металлов;
4. Проведение темплатного синтеза электроосаждением кобальта и никеля в матрице АОО для получения металлов;
5. Исследование характеристик полученных материалов с помощью методов РЭМ (+энергодисперсионный анализ).
6. Проведение анализа по социальной ответственности и финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению.

Научная новизна работы: В простых экспериментальных условиях эффективно синтезировать наноматериалы для применения в областях микроэлектронных устройствах, магнитных материалов, катализации, биосенсора и др.

# Глава 1. Литературный обзор

## 1.1 Анодирование алюминия и его сплавов

Алюминий является активным металлом, на воздухе он может самопроизвольно окисляться, образуя тонкий слой оксида толщиной около 100 нм. Раньше люди анодировали алюминий для создания плотной оксидной пленки для защиты поверхности алюминия, этот слой называется пассивирующей пленкой, также пленку использовали в качестве поверхностного украшения, позже стали использовать оксид алюминия в качестве диэлектрических конденсаторов и др. [8,9].

В 1857 году немецкий химик Бафф впервые обнаружил, что алюминий может подвергаться электрохимическому окислению в водном растворе с образованием оксидного слоя. Это явление было названо «анодированием», поскольку обрабатываемая алюминиевая деталь представляет собой анод в электролизере. В начале 1920-х годов явление, наблюдаемое Баффом, использовалось для промышленных применений, например, для защиты частей гидросамолета от агрессивной морской воды.

В зависимости от условий синтеза и от используемого электролита, могут образовываться два типа плёнок АОА (рис. 1.1.1).

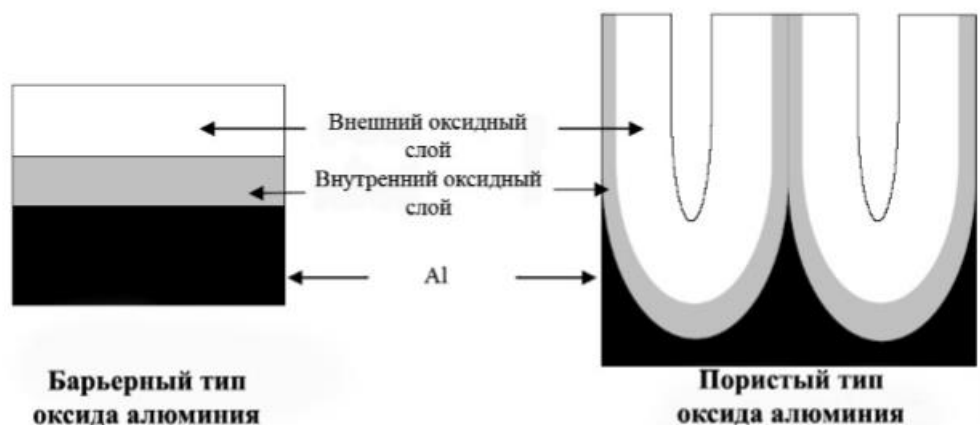


Рис.1.1.1-Схема пленок оксида алюминия[10]

Барьерный тип пленок может быть получен в не растворяющих оксидных электролитах ( $5 < \text{pH} < 7$ ) [10], например, в растворах борной

кислоты. Пленки пористого типа образуются в слабо растворяющих электролитах, таких как серная, фосфорная и щавелевая кислоты.

Пленки АОА имеют две части: внешний слой и внутренний слой (рис.1.1.1). Внутренний слой является относительно чистым АОА, а внешний слой представляет собой пленку анодированного окисления с примесью.

Поскольку в 1953 году Келлер впервые сообщили об использовании электрохимических методов для приготовления глиноземных пористых опалубок, исследования по глиноземным опалубкам продолжались полвека, с конца 1980-х годов, интерес представляет полилитическая оксидная пленка алюминия, так как эта пленка обладает уникальной структурой, расположенной близко к поверхности алюминиевой основы, это слой тонкого и плотного барьера. Структура АОА показана на рис.1.1.2.

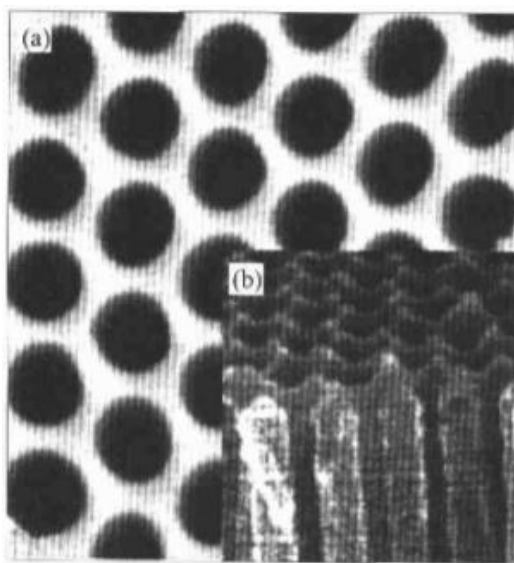


Рис.1.1.2-ТЕМ изображение анодного оксида алюминия [8]

Для получения пленок АОА следует пройти несколько этапов: предварительная обработка алюминия, анодированное окисление и отделение пленок. Схема получения АОА показана на рис. 1.1.3.

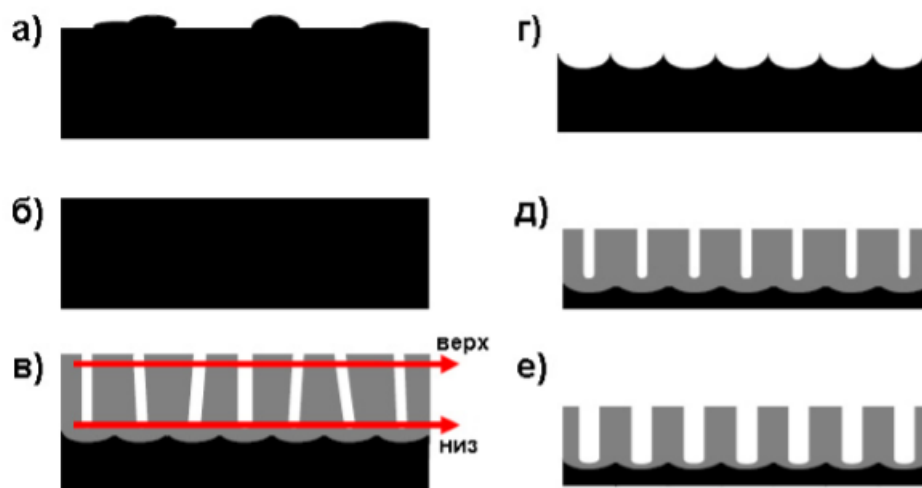


Рис.1.1.3-Двухстадийная методика для получения АОА[10]: а – исходный алюминий, б – полированный алюминий, в – первая ступень анодирования с образованием неупорядоченного пористого АОА, г – удаление неупорядоченного пористого АОА с текстурированной поверхности алюминия, д – вторая ступень анодирования с образованием упорядоченного пористого АОА, е – утонение стенок пор АОА

*Предварительная обработка алюминия:* проведение отжига алюминиевой фольгой особой чистоты в камере 500°С 4 часа для снятия внутреннего напряжения и других дефектов, удаление поверхностных пятен масла гидроксидом натрия или пропионатом. После этого проводится электрическая полировка фольги.

*Анодированное окисления алюминия:* для получения пленок АОА (как показано в рис. 1.1.3) используемые электролиты являются более кислыми: серная, фосфорная и щавелевая кислоты.

В результате первичного окисления алюминия возникает большое количество дефектов, неравномерное распределение пор мембраны, более большой размер. Необходимо удаление этого слоя, используя смешанный раствор ( $H_3PO_4$  и  $H_2CrO_3$ ) для того, чтобы облегчить упорядоченный рост и распределение пор на поверхности алюминия. Время второго окисления повышается, другие параметры не изменяются. В процессе электролиза необходимо перемешивание, важно предотвратить перегрев, образование трещин и дефектов из-за неравномерного растворения.



*Отделение пленок АОА:* для отделения пленок АОА анодированного окисления используются электрохимические методы [11] (например, ступенчатый метод понижения давления (VRS - Voltage Reduction Sequence), анодное погружение) или химические методы (как погружение в HCl, HgCl<sub>2</sub> или Br<sub>2</sub>+CH<sub>3</sub>OH [12,13]), для того чтобы упорядоченные пористые мембраны отделить от фольги. Метод VRS, при котором постепенно уменьшают напряжение до нуля, затем катод и анод, которые взаимозаменяемы, меняют, проводится обратный электролиз, через несколько минут разделяются пленка и матрица. Химический метод погружения, при котором одну сторону загерметизируют, другую сторону погружают в кислоту. Через 10 минут удаляется барьер, чтобы получить мембраны с упорядоченной пористой структурой.

Факторы, которые влияют на порядок структуры АОА, многочисленны, они могут взаимодействовать друг с другом и влиять друг на друга. Трудно количественно изучить и описать один влияющий фактор. Исследования показывают, что упорядоченность мембраны зависит от кислотности электролита, температуры, напряжения и примесей, подвергались ли образцы ли термической обработке и т. д.

Расстояние между соседними порами пропорционально напряжению. При анодировании алюминия проводится самоупорядочение пор от механического напряжения, вызванное силами отталкивания между соседними порами(рис.1.1.4) [14].

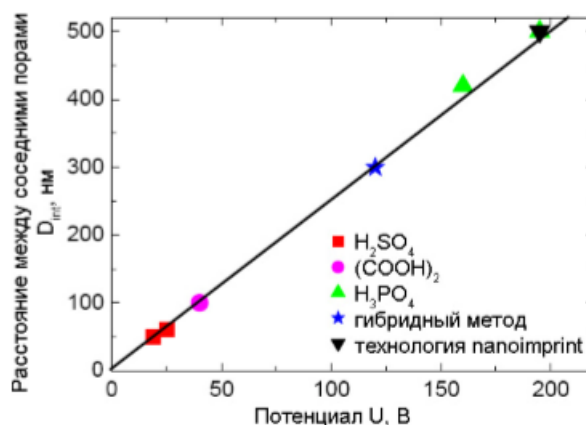


Рис.1.1.4-Зависимость расстояния между соседними порами от напряжения [14]

Скорость растворения оксида алюминия сильно влияет на размер пор АОА. Кислотность окисленной среды определяет скорость растворения. При приведении формирования пор чем меньше рН среды, тем меньшее напряжение для начала окисления. Установлено, что чем меньше рН, при котором производится окисление, тем меньше диаметр образующихся пор.

Анодирование алюминия проводится при низкой температуре электролита. При условии высокой температуры скорость химического растворения оксида алюминия возрастает в несколько раз. При анодировании низкая температура предотвратит локальный перегрев. Локальный перегрев происходит из-за выделения теплоты при протекании электрического тока, перегрев вызывает неравномерное распределение напряженности электрического поля, что может приводить к пробое оксидного слоя. Кроме того, температура анодирования определяет скорость роста оксидного слоя: чем меньше температура, тем ниже скорость роста оксидного слоя.

Наличие примеси в материале алюминия сильно влияет на получение АОА с высокой упорядоченностью. Для получения пленок АОА необходимо использовать алюминий высокой чистоты (>99,99%). После окисления образуются различные оксиды, они имеют свои коэффициенты расширения, это приводит к формированию неупорядоченной структуры и в пленках появляется большое количество дефектов.

АОА имеет высокую пористость и равномерное распределение пор, используется для синтеза наноразмерной трубчато-волоконистой структуры (темплатный синтез!). АОА в синтезе играет роль матрицы, для формирования материалов необходимо использовать химические реакции, такие как электрохимическое осаждение, электрохимическая полимеризация, золь-гель-осаждение, химическое осаждение из газовой фазы и т. д.

Матрица АОА используется для получения нановертикальных магнитных материалов, нанополупроводников, наноконденсаторов, углеродных нанотрубок, такие наноматериалы имеют большие перспективы применения.

## **1.2 Темплатный синтез в АОА: получение неметаллических и металлических нано- и микроструктур**

Темплатный метод является перспективным для синтеза упорядоченных наноструктурных материалов. Данный метод синтеза - это использование пленки АОА в качестве матрицы для синтеза наноразмерных материалов и пористых структурных материалов. Относительно других методов синтеза имеет ряд преимуществ: синтез проведен при обычных температурах и давлениях, приборы для эксперимента не высоки по цене, высокая скорость производства, морфология наноматериалов однозначно определяется формой пор темплата, параметры материала задаются размером этих пор и параметрами анодирования. Кроме того, в одной мембране может одновременно проводится осаждение более двух материалов, образующих наноконпозиты. Темплат из АОА открыт почти сто лет назад, но стал применяться только в последнем десятилетие, он широко используется в областях синтеза наноматериалов [15]. К настоящему времени успешно синтезировали металлические наноматериалы (Cu, Au, Ag, Ni и Pd) [16-20], неметаллические простые наноматериалы (Si, C) [21,23], химические соединения (полимеры, оксиды металлов) [22,24-29].

### **1.2.1 Синтез металлических нано-и микроматериалов в АОА**

В настоящее время быстро развиваются технологии электроосаждения металлов и сплавов на темплатах из АОА. В последние десятилетие используют осаждение металлов Fe, Ni, Co, Ag, Cu, ZnO и т.д. [16-23]. Получаемые темплатным электроосаждением наноматериалы использованы для создания современных устройств магнитной памяти, оптической электроники, сенсоров и различных устройств для электроники. Например, наножелезо, наноникель и нанокобальт используются для получения уникальных одномерных магнитных структур, а платина, осажденная на темплатах АОА используется в чувствительных сенсорах.

В работе [16] ученые выполнили темплатный синтез монокристаллических массивов нанопроволок Cu методом электроосаждения на матрицах АОА (рис.1.2.1).

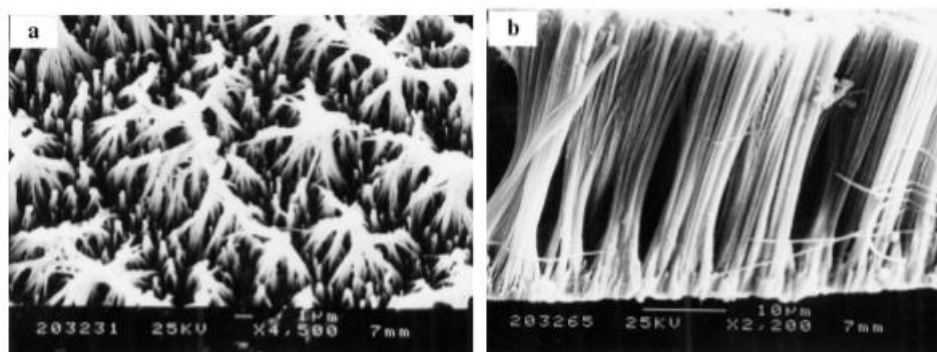


Рис.1.2.1-SEM изображения нанонитей Cu: а-вид сверху, б-вид сечения [16]

Изображения SEM показывают, что Cu в виде тонкой проволоки был осажден в поры АОА. Рисунки а и б показывают, что большие количества нанопроволок Cu с высокой плотностью упаковки, длина нанопроволок составляет 30 мкм. В изображении TEM (рис.1.2.2) показан диаметр, он составляет 58-62 нм.

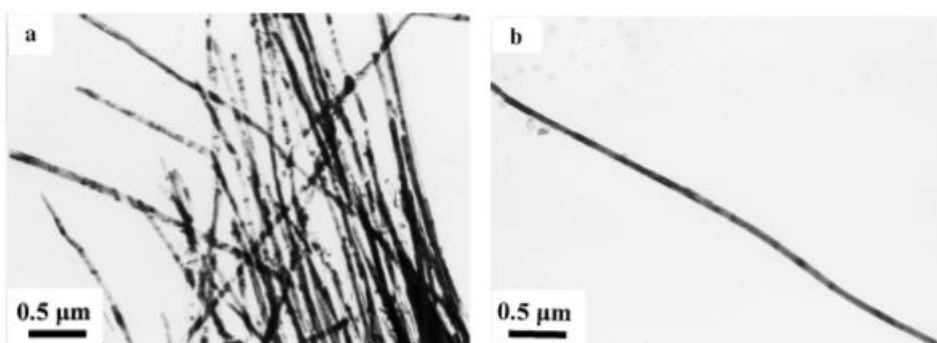


Рис.1.2.2-TEM изображения нанопроволок Cu [16]

Авторы работы [17] изучили синтез нанопроволок металлов Au и Ag методом электроосаждения в мембранах из оксида алюминия. В данной работе исследованы характеристики нанопроволок. AFM-микрофотография нанопроволок Ag и Au показана на рис. 1.2.3 и 1.2.4. Диаметр нанопроволок Ag составляет около 29 нм, нанопроволоки были изготовлены из пористого анодного оксида алюминия, полученного из серной кислоты. Диаметр проволоки Au составляет 44 нм при получении в щавелевой кислоте.

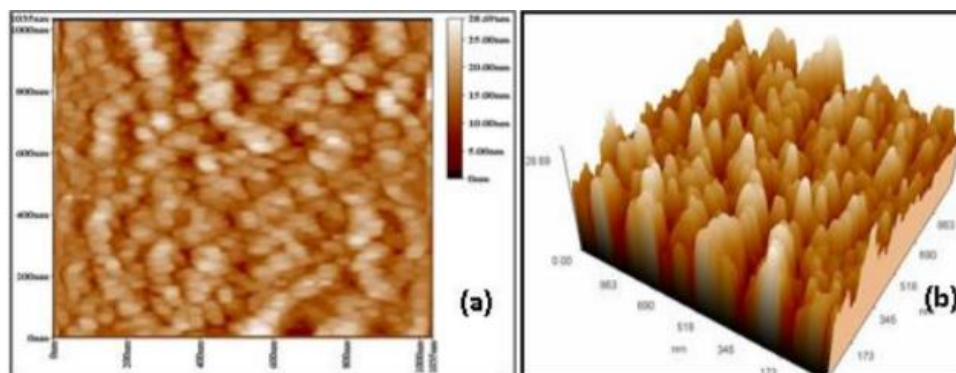


Рис.1.2.3-AFM изображения нанопроволок серебра: а-1D поверхности, б-3D изображение [17]

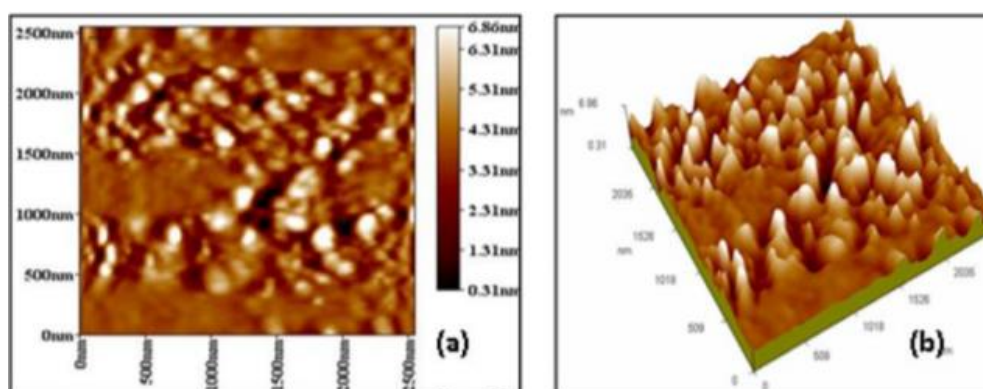


Рис.1.2.4-AFM изображения нанопроволок золота: а-1D поверхности, б-3D изображение [17]

Нанопроволоки Ni демонстрируют высокую анизотропию магнитных свойств в зависимости от их диаметра (например, коэрцитивности) и степени упорядоченности матрицы. Магнитное сопротивление нанопроволок Ni было связано с их аспектным отношением [18]. Различные полимерные и неорганические мембраны были предложены в качестве шаблонов для изготовления наноструктур, среди которых большое преимущество встречаются мембраны из АОА. Используя эту матрицу, металл (в основном Ni) и нанопроволоки из сплавов были получены методом электроосаждения. В работе [19] исследовано влияние параметров на формирование пористой структуры на мембранах из АОА, полученных в растворе  $H_3PO_4$  при напряжении 160 В. Кроме того, в данной работе было проведено синтез никелевых наноструктур в матрице АОА. Изображение поперечного сечения этой мембраны показало образование металлических нанотрубок в каналах пор, как показано на рисунке верхняя часть пор мембраны пронизана

непрерывным осаждением металла, чтобы сформировать нанотрубки правильной формы и выровненные в длину около 5 мкм, тогда как в центральной части присутствуют только дисперсные наночастицы Ni (рис.1.2.5).

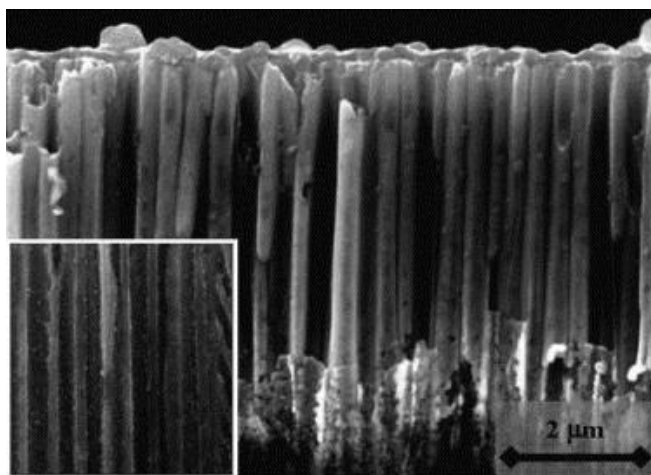


Рис.1.2.5-SEM изображение нанотрубок никли осаждения в матрице АОА[19]

В статье [20] было проведен синтез нанонитей Pd в матрице АОА, используя метод восстановления в твердом состоянии. Автор сравнил метод восстановления с обычным методом электроосаждения. SEM-изображения нанонитей Pd показывают, что после растворения матрицы АОА (рис.1.2.6) диаметр нанонитей Pd находился в диапазоне от 229 до 300 нм.

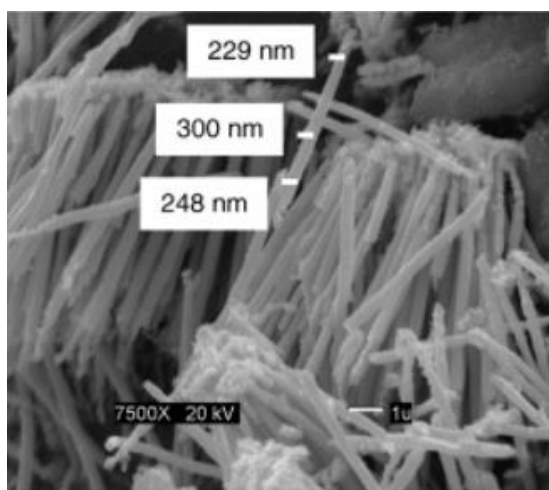


Рис.1.2.6-SEM-изображения нанонитей Pd [20]

Диаметр нанонитей Pd был больше, чем средний размер пор АОА 200 нм, это свидетельствует о том, что скорость восстановления предшественника Pd была очень высокой и расширяла поры мембраны. В

результате работы авторы считали, что был представлен успешный новый метод изготовления металлических нанонитей в матрице АОА, по сравнению с электроосаждением данный метод имеет более высокие скорости синтеза нанонитей и требует меньшего количества оборудования.

### 1.2.2 Синтез неметаллических nano-и микроматериалов в АОА

Матрица АОА не только использовались для синтеза металлических материалов, но также и для неметаллических материалов. В настоящее время ученым удалось получить неметаллические простые материалы (Si, C), полимеры и химические соединения ( $\text{SiO}_2$ , CuO,  $\text{SnO}_2$ , CdSe) [21].

Полупроводниковые нанопроволоки получили значительное внимание применения в электронике, оптоэлектронике, электромеханике и сенсорных устройствах. К настоящему времени среди исследованных полупроводниковых наноматериалов при изготовлении монокристаллического кремния были получены нанопроволоки.

В 2006 исследователи успешно синтезировали нанопроволоки простого кремния [21]. Использован метод роста пар-жидкость-кристалл (VLS) для роста нанопроволок Si в матрице АОА. В этой работе успешно использована позиционирования Au катализатора на поверхности Si для синтеза вертикально ориентированных нанопроволок Si методом VLS. Средний диаметр полученных нанопроволок составляет 72 нм (рис.1.2.7). Этот способ изготовления способен производить Si с высокой плотностью упаковки.

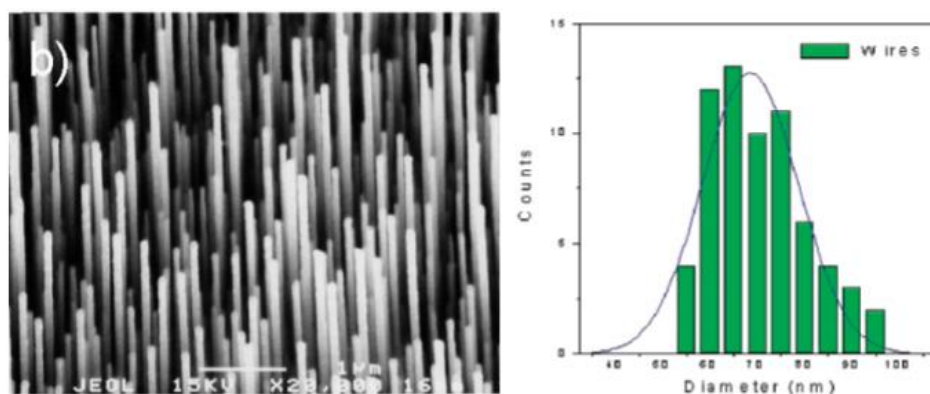


Рис.1.2.7-SEM изображения нанопроволок кремния и диаметры [21]

Темплатный синтез является одним из наиболее эффективных методов получения одномерных наноструктур на основе полимеров. В этом исследовании [22] было показано, что с помощью способов инфильтрации можно получать нановолокна и нанотрубки на матрице АОА.

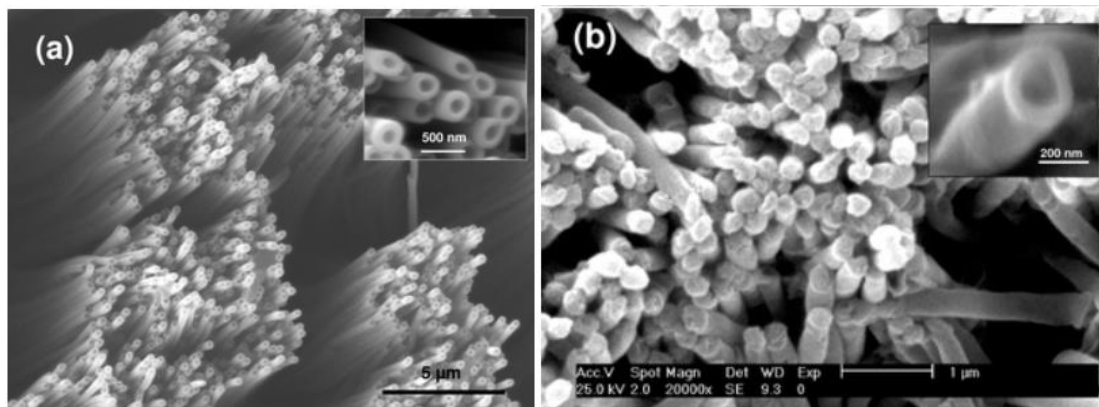


Рис.1.2.8-Нанотрубки (а) полистирол и (б) поливинилиденфторид [22]

На рисунке 1.2.8 можно наблюдать изображение SEM нанотрубок из полистирола и поливинилиденфторида. Принимая во внимание соображения о способе смачивания и особенно о формировании пленки-предшественника, появление этих наноструктур может быть объяснено тем фактом, что расплав полимера покрывает только стенки пор, а не центр пор в результате «большого» диаметра АОА (360 нм). Толщина стенки нанотрубки составляла приблизительно 40 нм для поливинилиденфторида и 70 нм для полистирола.

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают многими аномальными механическими, электрическими и химическими свойствами. В последние годы, с углублением исследований углеродных нанотрубок и наноматериалов, непрерывно проявляются его широкие перспективы применения. Углеродные нанотрубки представляют собой одномерные квантовые материалы со специальной структурой (радиальные размеры порядка нанометров, осевые размеры порядка микрон, а оба конца трубки в основном герметичны). Углеродные нанотрубки в основном состоят из атомов углерода, расположенных в форме шестиугольника, чтобы сформировать коаксиальную круглую трубку с несколькими слоями. Держится фиксированное расстояние между этими слоями, около 0.34 нм, а



диаметр обычно составляет 2~20 нм. В исследовании [23] показан метод для синтеза УНТ – АОА методом химического осаждения из паровой фазы без катализатора. В данной работе была использована смесь толуола и этанола в качестве источника углерода. Благодаря отсутствию катализатора не образовались ядовитые соединения. Этот метод предотвращает структуру УНТ от дефектов. При этом методе можно получить УНТ с диаметром (10-200 нм) по длине пор (1-100 мкм) без использования какого-либо металлического катализатора.

Исследование [26] авторы использовали химический метод образования нанонитей CdSe. В данной работе использовали АОА в качестве матрицы, сульфат кадмия в качестве предшественника катиона и предшественник  $\text{Na}_2\text{SeSO}_3$  успешно образовали высокоупорядоченные нанонити CdSe(рис.1.2.9).

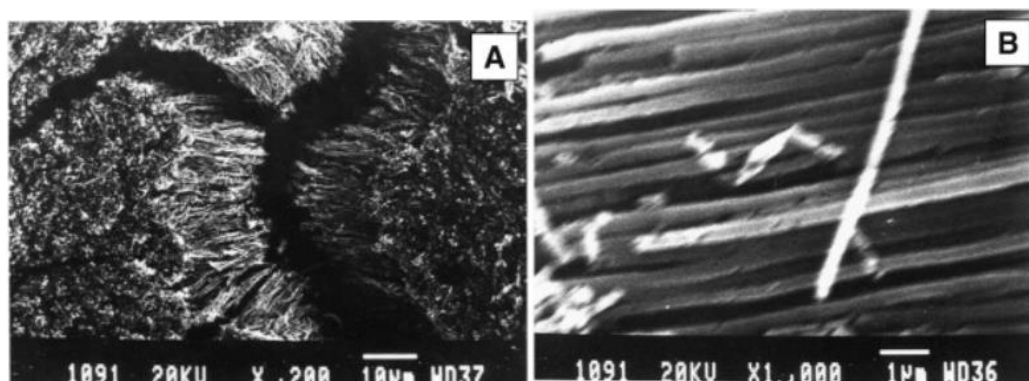


Рис.1.2.9-SEM изображения нанонитей CdSe [26]

Как показано на SEM - изображении нанопроволок CdSe. Можно заметить, что диаметр нанопроволоки составляет около 200 нм, такой размер близко соответствует размеру пор используемой матрицы, а также все нанонити CdSe имеют параллельную ориентацию. Длина, диаметр и направление роста CdSe довольно однородны, что обуславливает ограниченный рост нанопроволоки в упорядоченных порах матрицы АОА.

В статье [24] нанотрубки Cu электроосаждения на матрицу АОА окислены. После удаления матрицы АОА получения высококачественных нанонитей CuO. Длина нанонитей составляет около 1200 нм со средним диаметром 60 нм. В работе [25] ученые сформировали нанотрубки SnO<sub>2</sub>

диаметром 325 нм. Например, удалось получить ZnO, TiO, SiO<sub>2</sub>, CuS, методом темплатного синтеза на матрице АОА, размеры которых составляют различны [27-29].

### **1.3 Свойства, получение и применение металлических кобальтовых нанонитей, полученных в АОА**

Кобальт представляет собой твердый металл с блеском, атомный номер 27, плотность 8,9 г/см<sup>3</sup>, температура плавления 1495 °С, температура кипения 2930 °С. Плотный металлический кобальт остается стабильным при комнатной температуре, но когда температура окружающей среды выше 300°С, он начинает окисляться при воздействии воздуха. Кобальт широко используется в аэрокосмической, машиностроительной, электронной и электротехнической, химической, керамической и других областях промышленности благодаря хорошей термостойкости, коррозионной стойкости и превосходным магнитным свойствам. Это один из видов сырья для производства жаропрочных сплавов, твердых сплавов и каталитических батарей.

Когда размер частиц составляющего материала уменьшается до нанометрового размера, материал будет демонстрировать различные эффекты в структуре и характеристиках, например, эффект малого размера, эффект поверхности, эффект квантового размера [30]. Поэтому нанокобальт широко используется в магнитных материалах, катализаторах, поглощающих материалах, биосенсорах [31]. Нанокобальт используется в магнитных материалах для повышения коэрцитивной силы, его можно использовать в качестве контрастного вещества для ядерно-магнитно-резонансной томографии, катализировать разложение органического вещества и синтез новых веществ, а также в качестве поглощающего материала для скрытности военной техники.

### 1.3.1 Свойства и применения нанокобальта

Чистые наноматериалы, изготовленные из кобальта, имеют специальную одноосную гексагональную плотную упаковку, которая может быть превращена в нанокристаллы различной формы. По сравнению со сферическими наночастицами коэрцитивная сила больше и имеет более высокую прикладную ценность, например, для изготовления магнитных записывающих устройств высокой плотности или постоянные магниты [32]. Среди магнитных материалов кобальт является важным металлом благодаря его высокой устойчивости к окислению, коррозии и износу. Кобальт стал потенциальным материалом для применений [31,33].

Проделана большая работа по изучению применения нанокобальта и сплавов кобальта в качестве контрастных веществ для ядерно-магнитно-резонансной томографии. Чтобы исследовать применение кобальта в ядерно-магнитно-резонансной томографии, китайские ученые синтезировали серию наночастиц кобальта и изучили их магнитные изменения. Результаты показывают, что коэрцитивная сила очень низкая при температурах 150 К и 360 К, показывая суперпарамагнетизм. В работе [34] исследователи приводят одномерные нановискеры феррита кобальта. Данное исследование доказало, что нановискеры феррита кобальта без поверхностного активного вещества характеризуется суперпарамагнитным свойством.

Абсорбирующий материал относится к типу материала, который может поглощать энергию электромагнитной волны, проецируемую на его поверхность. В технических приложениях, помимо высокой скорости поглощения электромагнитных волн, также требуется легкий вес, высокая термостойкость, коррозионная стойкость и другие свойства. Нанокобальтовые композитные поглощающие материалы стали новым направлением в этой области исследований благодаря их малой толщине, малому весу, ширине полосы поглощения и высокой скорости поглощения.

Такие, как феррито-абсорбирующие материалы, нанокобальтовые композиты на основе вспененного графита соответствуют требованиям и

характеристикам абсорбирующих материалов. Магнитный мелкодисперсный порошок феррита кобальта обладает уникальными физическими и магнитные свойства. Например, его коэрцитивность и удельное сопротивление могут превышать в десятки раз чем в магнитных сплавах, имеется высокочастотная проницаемость. Мелкодисперсный магнитный порошок феррита кобальта может быть использован в качестве микроволнового поглотителя. В работе [35] регулировали размер наночастиц феррита кобальта и магнитные свойства путем изменения диэлектрической проницаемости раствора. А в данной работе [36] использовали метод улучшенной гипертермии магнитной жидкости (MFH) проверить феррит кобальта, его синтез, магнитные и термические свойства.

Катализаторы на основе кобальта имеют широкую перспективу в области катализа, благодаря их высокоэффективным каталитическим свойствам, низкой стоимости. Поэтому ученые стремятся к разработке нанокобальтовых катализаторов. Чтобы получить оптимальные каталитические свойства нанокобальта, исследователи синтезировали нанокобальт с различной структурой и формой. Было обнаружено, что структура и форма сильно влияют на производительность катализатора.

Ученые в работе [36] изучили пустотельные сферы нанокобальта катализировали аммиак и бор, чтобы получить водород (рис.1.3.1). Исследователи синтезировали полые сферы нанокобальта сольвотермическим методом. Морфологию наносфер можно регулировать, контролируя соотношение растворителей, время реакции и температуру. Было обнаружено, что этот катализатор обладает этим чрезвычайно высоким каталитическим действием на аммиачный боран. В эксперименте также были изучены каталитические эффекты полых биметаллических полых наносфер Co / Pt и полых графен-кобальтовых композитных наносфер. Результаты показывают, что эти два композитных катализатора обладают более сильным каталитическим эффектом, чем нанокобальт.

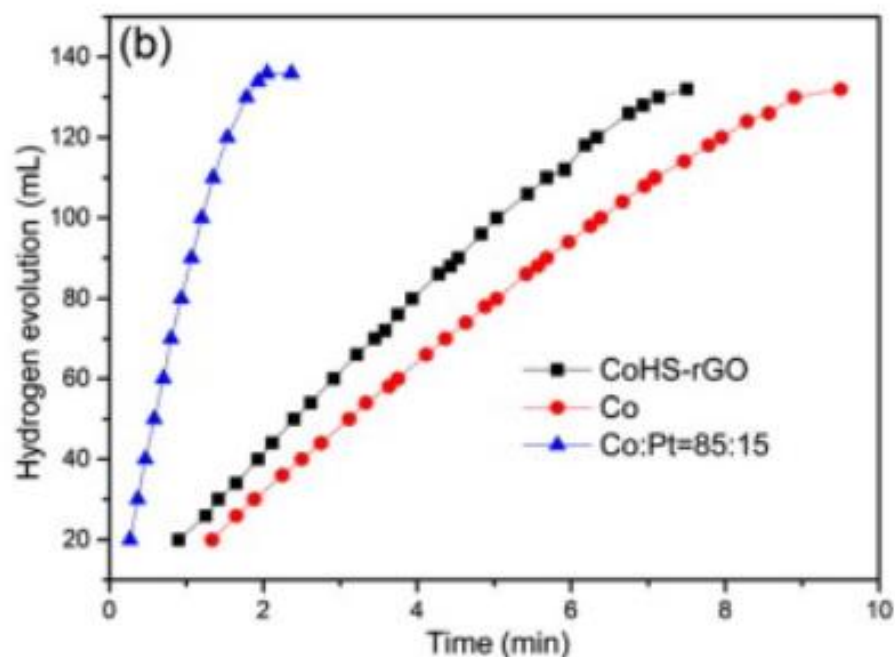


Рис.1.3.1-Эффект различных катализаторов на основе нанокобальта [36]

Исследователи [37] изучили структуру разновидностей кобальта на разных этапах генезиса монометаллических и промотированных Pt катализаторов Фишера – Тропша на основе оксида кобальта на оксиде алюминия. Анализ данных намагниченности показывает, что присутствие Pt привело к восстановлению более мелких частиц оксида кобальта, которые не могли быть восстановлены при тех же условиях в монометаллических катализаторах кобальта. Продвижение катализаторов на основе оксида алюминия на основе кобальта с небольшими количествами Pt привело к значительному увеличению времени выхода кобальта Фишера-Тропша.

В последние годы значительно расширились исследования по использованию наноструктур в различных типах датчиков, что способствовало разработке биосенсоров. Это позволяет улучшить аналитические характеристики соответствующих датчиков при обнаружении биологически активных веществ, таких как опухолевые маркеры и лекарственные средства. В работе [39] для определения антидепрессантов лекарственных веществ (тианептин, тиоридазин и флуоксетин) были разработаны амперометрические биосенсоры моноаминоксидазы на основе графитированных электродов с трафаретной печатью, модифицированных

наноструктурированными композитами из восстановленного оксида графена и наночастиц кобальта. Обнаружение глюкозы всегда является мощной и привлекательной областью исследований, и ферментативное обнаружение является одним из наиболее эффективных методов обнаружения. Разработка наноматериалов обеспечивает новое направление для производства неферментативных сенсоров [40]. Исследователи синтезировали наночастицы феррицианида кобальта, растворяли их в полиглюкозамине, а затем добавляли углеродные нанотрубки для улучшения чувствительности обнаружения пероксида водорода с низким потенциалом и сокращения времени обнаружения.

Кобальт является важным промышленным сырьем из-за его высокой дисперсии, однородных частиц и превосходных магнитных свойств, а также имеет незаменимые свойства в области магнитных материалов, катализаторов и поглощающих волны материалов.

### **1.3.2 Темплатный синтез кобальтовых нанонитей в АОА**

Ученые изучили применение нанопроволоки кобальта в различных областях, таких как системы накопления энергии, газовые сенсоры и гетерогенный катализ [41-43]. Чтобы синтезировать нанопроволоки кобальта с контролируемым размером и морфологией [44-46], были разработаны различные методы синтеза, среди которых темплатный синтез, в АОА он является наиболее конкурентоспособным техническим методом.

В этом исследовании [47] электроосаждение было использовано для синтеза нанопроволок кобальта в матрице нанопористого оксида алюминия. Во время процесса синтеза для достижения мгновенного зародышеобразования нанопроволоки в нижней части матрицы использовался катодный потенциал ниже 5В. После зародышеобразования использовался более низкий катодный потенциал для обеспечения равномерного роста нанопроволок кобальта. Полученные нанонити кобальта имеет размер 50-64 нм (рис.1.3.2)

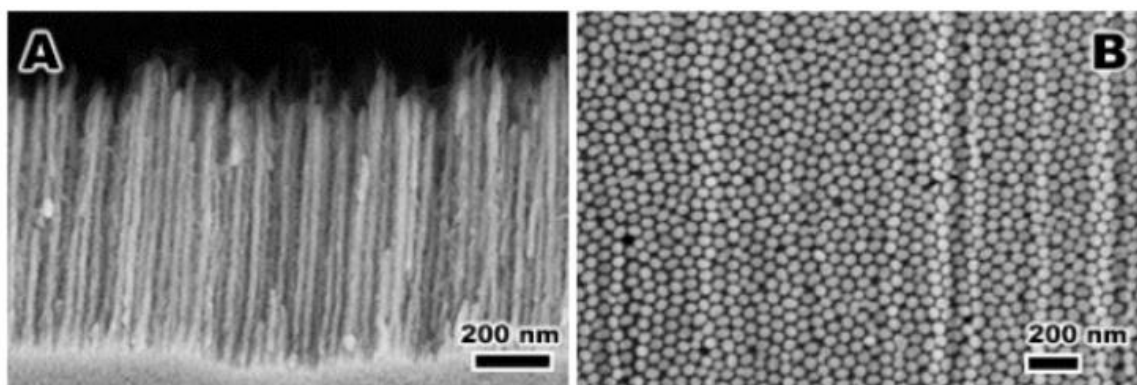


Рис.1.3.2-SEM изображения полученных нанонитей кобальта [47]

Исследователи [48] использовали две схемы для синтеза нанонитей кобальта на глиноземе. В процессе синтеза размер и морфология нанонитей кобальта изменялись путем регулирования потенциала электрода и концентрации раствора. На рис.1.3.3 показано влияние приложенного потенциала при постоянном количестве переносимых зарядов (10,6 мс) с  $\text{Co}^{2+}$  0,1М. Увеличивая приложенный потенциал к рабочему электроду, плотность числа нанонитей повысилась (табл.1). Диаметры синтезированных нанонитей не значительно отличаются. В соответствии с теорией электрокристаллизации, увеличение потенциала электрода может увеличить скорость нуклеации и плотность числа насыщения активных центров.

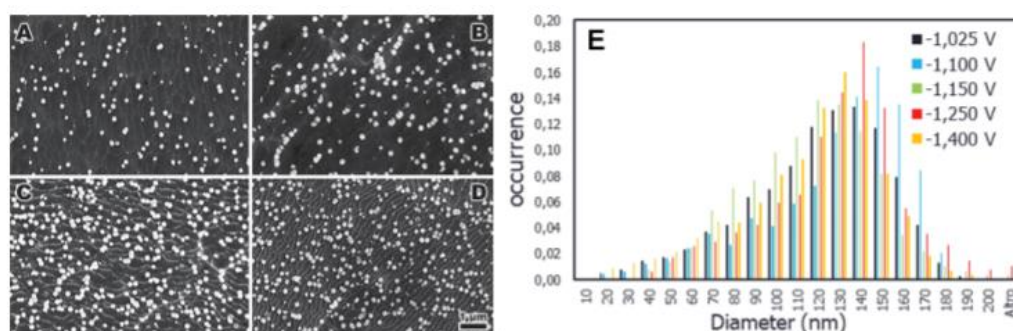


Рис.1.3.3-SEM изображения, полученные из 0,1 М  $\text{Co}^{2+}$  и 10,6 мс: А) -1,025 В; Б) -1,150 В; В) -1,250 В; Д) -1,400 В. Е) распределения среднего диаметра нанонитей [48]

Таблица 1-Параметры полученных нанонитей при измененных потенциалах электрода [48].

E [V]	md [nm]	s [nm]	nd [np/m <sup>2</sup> ]
-1.025	116	30	7.5 x 10 <sup>12</sup>
-1.100	124	30	7.5 x 10 <sup>12</sup>
-1.150	111	30	1.0 x 10 <sup>13</sup>
-1.250	123	30	1.3 x 10 <sup>13</sup>
-1.400	110	30	1.6 x 10 <sup>13</sup>

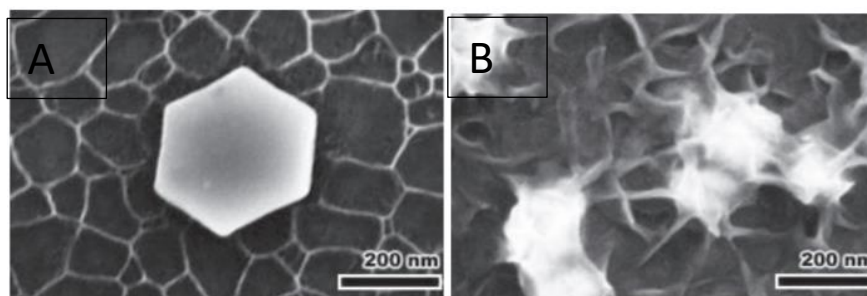


Рис.1.3.4-SEM изображения нанокобальта 10.6 mC and -1.40V:(A)0.1M Co<sup>2+</sup>, (B) 0.1M Co<sup>2+</sup> [48]

На рис.1.3.4 показаны изображения полученного нанокобальта при использовании растворов различных концентраций. Как видно, под потенциостатическим электроосаждением гексагональная нанопластинка была сформирована с концентрацией ионов кобальта ниже 0,1М. При концентрации 0,2М была сформирована нанопластинка с острыми углами.

Нанокобальт стал очень привлекательным материалом за счет особых магнитных свойств. Сообщалось, что металлическое кобальтовое покрытие было электроосаждено из ионных растворов. В статье [49] были синтезированы нанонити кобальта из двух видов раствора в АОА: ионный раствор безводного CoCl<sub>2</sub>, растворенного 1-этил-3-метилимидазолевого хлорида и этиленгликоли (ЭМХЭ), водный раствор CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O и H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>. Как видно на рис.1.3.5, размер нанонитей из двух видов раствора составляет 45 нм, но нанонити электроосаждением из смеси CoCl<sub>2</sub> и ЭМХЭ имеют более относительно гладкой поверхности, чем из водного раствора CoSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O и H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.



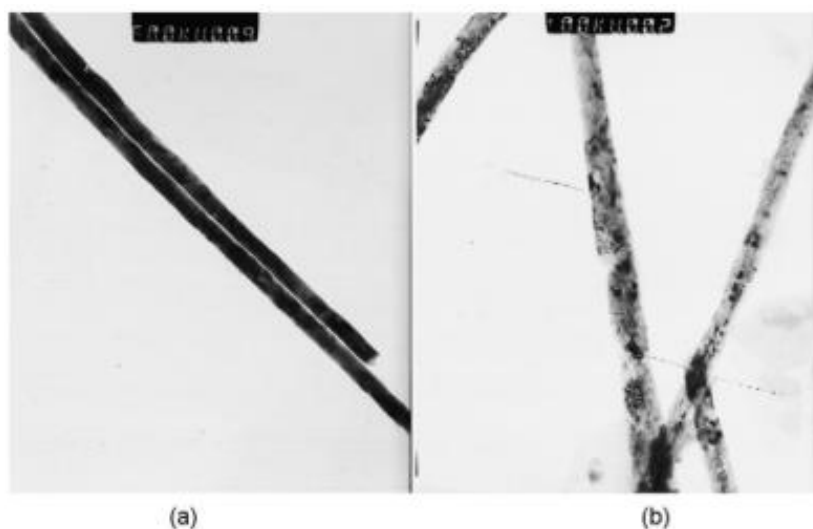


Рис.1.3.5-ТЕМ изображения а) нанонити Co из  $\text{CoCl}_2$  и ЭМХЭ б) нанонити из  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$ [49]

Были исследованы петли гистерезиса, показывающие сильную магнитную анизотропию, которая может быть использована в качестве перпендикулярной магнитной записывающей пленкой. Кобальтовые нанонити изготовлены из смешанного ионного раствора ЭМХЭ и обладают большей прямоугольностью около 0.92, нанонити кобальта, изготовленные из водного раствора имеют меньшую прямоугольность.

Кроме нанонитей простого кобальта электроосажденного в АОА, были получены нанокомпозиты кобальта, например, Co-Ni [50], Co-CoO [51], CoSn [52]. Нанопроволок из кобальт-никелевого сплава обладает выше электрохимической активностью, чем у кобальта и никеля. Этот наноматериал может использоваться в топливных элементах для уменьшения использования драгоценных металлов[50]. Полученный электрод на основе CoO обладает наименьшим сопротивлением переносу заряда[51]. В результате[52] гистерезисные кривые нанопроводов CoSn показывали изотропное и ферромагнитное поведение из-за наличия диффузных магнитных моментов и кобальта. Нелинейная вольт-зависимая коэрцитивность объясняется на основе сложения магнитных ионов и закрепления доменной стенки. Установлено, что оптимальное напряжение для синтеза нанопроводов CoSn составляет 15 В.

## Глава 2. Методика эксперимента

### 2.1 Характеристика объектов исследования: мембраны АОА

#### Анопоре

Мембраны «Анопоре» идеально применяются для лабораторных методик с фильтрованием. Изготовлены из уникального материала с точной недеформирующейся структурой в форме пчелиных сот без бокового перекрытия отдельных пор, гарантирующего отделение частиц, крупнее строю определённого размера. Материал мембраны изготавливается электрохимическим способом из высокочистого глинозёма. Мембрана характеризуется низким связыванием белков, минимальной автофлуоресценцией, она нетоксична и не подавляет роста клеток.

Точная пористая структура и очень незначительный разброс размеров пор этих мембран гарантирует высокоэффективное отделение частиц. Микроорганизмы и частицы задерживаются на поверхности мембраны где их можно исследовать световым или электронным микроскопом. Влажная мембрана фактически прозрачна, что позволяет исследовать частицы под микроскопом непосредственно на ней без необходимости переноса на другую поверхность. В мире функционируют несколько предприятий, производящих алюмооксидные мембраны крупнейшая из которых – Whatman, производящая АОАНМ под марками Anopore и Anodisk [53].

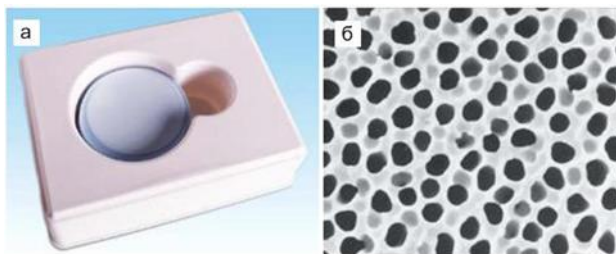


Рис.2.1.1-а) мембраны Anodisc 47 с контейнером, б) СЭМ-изображение мембраны Anodisc [53]

Эти мембраны гидрофильны и выдерживают контакт с большинством водных растворов и органических растворителей. Для их производства не используются мономеры, пластификаторы, клеящие составы и смачивающие

агенты, поэтому загрязнение пробы исключается и низкое связывание белков сводит к минимуму потери пробы. Мембраны «Anopore» поставляются в форме мембранных фильтров «Anodisc». Для удобства работы края мембраны закреплены на полипропиленовом кольце (кроме дисков диаметром 13 мм). Мембраны Anodisc подходят как для вакуумной фильтрации, так и фильтрации под давлением [53]..

#### Свойства и преимущества

- Высокая плотность пор и очень малый разброс диаметров пор способствуют получению точных результатов;
- Совместимость с широким спектром растворителей избавляет от необходимости хранить в лаборатории разные типы фильтров;
- При производстве не используются никаких добавок, что гарантирует минимальное содержание экстрагируемых веществ и исключает загрязнение пробы;
- Исключительно низкое связывание белков сводит к минимуму потери пробы;
- Влажные фильтры фактически прозрачны, что позволяет исследовать осадок под микроскопом непосредственно на мембране.

#### Применение

- Фильтрация и дегазация подвижной фазы для высокоэффективной жидкостной хроматографии
- Ультраочистка растворителей;
- Гравиметрический анализ;
- Экструзия липосом;
- Сканирующая электронная микроскопия;
- Исследование микроорганизмов методом эпифлуоресцентной и световой микроскопии;
- Отделение микро- и наночастиц;
- Изготовление металлических наностержней.

Типичные данные — неорганические мембраны Anopore			
	Anodisc 13	Anodisc 25	Anodisc 47
Средняя толщина мембран	60 мкм	60 мкм	60 мкм
Диаметр мембраны	13 мм	21 мм	43 мм
Тип мембраны	оксид алюминия Anopore		
Опорный круглый материал	нет	полипропилен	полипропилен
Процесс возведения	нет	термосварка	термосварка
Абсорбция белка	низкая	низкая	низкая
Прочность на давление	65-110 psi	65-110 psi	65-110 psi
Максимальная рабочая температура	400 °C	40 °C	40 °C
Пористость	25-50%	25-50%	25-50%
Автоклавируемость	да	нет	нет
Показатель преломления	1.6	1.6	1.6

На международном рынке существует блок компаний, осуществляющих поставку мембран Anopore и Anodisc, среди них такие фирмы, как «SIMAS», «Structure Probe, Inc.», «Sigma-Aldrich», «Thomas Scientific», «Krackeler Scientific», «Fisher Scientific».

Таблица 2 — Прайс-лист неорганических мембран Anopore производства Whatman, представляемых фирмой «Krackeler Scientific» [54]

Cat.No.	Name	Membrane	Pore Size	Diam	PK		
15-6809-7003	Anodisc 13 (no ring)	alumina matrix	0.02µm	13mm	\$585.75 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-7013	Anodisc 13 (no ring)	alumina matrix	0.1	13	\$585.75 100/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-7023	Anodisc 13 (no ring)	alumina matrix	0.2	13	\$585.75 100/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-6002	Anodisc 25	alumina matrix	0.02µm	25mm	\$717.68 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-6012	Anodisc 25	alumina matrix	0.1	25	\$717.68 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-6022	Anodisc 25	alumina matrix	0.2	25	\$717.68 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-5002	Anodisc 47	alumina matrix	0.02µm	47mm	\$1063.81 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-5012	Anodisc 47	alumina matrix	0.1	47	\$1308.62 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+
15-6809-5022	Anodisc 47	alumina matrix	0.2	47	\$1194.51 50/PK	<input type="checkbox"/>	★+

Анализируя характеристики предлагаемых АОА НМ, следует отметить, что диапазон диаметров пор весьма ограничен и соответствует формированию пористых АОА как основы мембраны в растворах ортофосфорной ( $d_n = 200$  нм), щавелевой ( $d_n = 100$  нм) и серной кислот ( $d_n = 20$  нм). Выпускаются мембраны с аморфной мезоструктурой, то есть со слабоупорядоченным расположением пор, как это следует из рисунка 1.13б. Однако в предоставляемой клиенту информации нет сведений о степени порядка и открытости пор. Приводятся данные о максимальной рабочей

температуре, которая для свободных от полипропиленового кольца мембран составляет 400оС, а для вставленных в кольцо – лишь 40оС. Также приводится величина пористости, значение которой говорит о слабом порядке в расположении пор. Указывается также возможность стерилизации (автоклавируемость) для свободных от колец мембран. Диаметры предлагаемых мембран от 13 до 43 мм при толщине порядка 60 мкм. Следует отметить, что АОА, формируемые в используемых производителем электролитах, являются крайне хрупкими и не предусматривают эксплуатацию без специального держателя.

### 2.2.1 Источник испытания ИПТ «Профигрупп»

Электрический ток для электроосаждения предоставлен источником питания ИПТ «Профигрупп» (рис.2.2.1), выходное напряжение до 60 В и выходной ток до 20 А, есть два режима работы: стабилизации тока и напряжения. Возможно регулировать напряжение и ток путем грубого и точного режима. Дискретность установки: ток-0.01А , напряжение-0.1В.



Рис.2.2.1-источник питания ИПТ «Профигрупп»

При приведении электроосаждения источник испытания предоставляет напряжение 5-20 В.

### 2.2.2 Сканирующая атомно-силовая микроскопия

Атомно-силовые микроскопические исследования рельефа поверхности образцов проводились на сканирующем микроскопе НаноЛаборатория ИНТЕГРА Прима (ОАО "НТ-МДТ") (рис.2.2.2) в Наноцентре ТПУ, г. Томск.

Использовались алмазоподобные кантилеверы высокого разрешения (NSG01-A) длиной 125 мкм, резонансная частота 87-230 кГц, радиус кривизны иглы составляет 10 нм, силовая постоянная 1,45-15,1 Н/м, длина иглы 14-16 мкм. Размер области сканирования варьировали от 1 до 50 мкм.

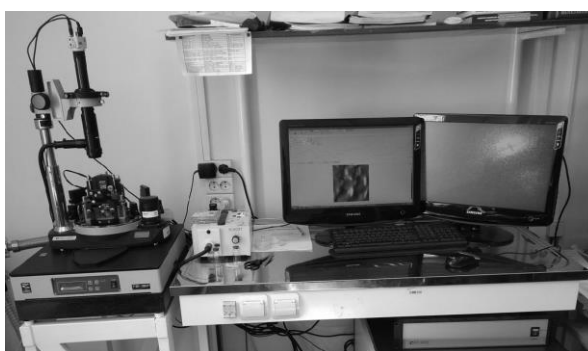


Рис.2.2.2-Сканирующий микроскоп НаноЛаборатория ИНТЕГРА Прима (ОАО "НТ-МДТ")

Скорость и шаг сканирования, амплитуда колебаний кантилевера, были выбраны с акцентом на получение наиболее резких и контрастных изображений АСМ. Измерения топографии образцов АОА проводились в режиме полуконтактной микроскопии на воздухе, определялось изменение амплитуды колебаний иглы кантилевера, что определяет топографию поверхности и фазовый сдвиг колебаний, что связано с локальными различиями в адгезии поверхности и может быть интерпретировано как изменение фазового состава. Измерения топографии образцов полированного алюминия и после стравливания АОА, полученного на первой стадии, проводились в режиме контактной микроскопии на воздухе при тех же условиях.

Результаты измерений, полученные с помощью зондового микроскопа, представили собой двумерные и трехмерные цифровые изображения поверхности. Обработка микрофотографий заключалась в анализе

стандартных среднеарифметических параметров поверхности с помощью программного обеспечения. Сравнивались полученные микропрофили.

### **2.2.3 Растровый электронный микроскоп с применением энергодисперсионного анализа**

Исследования морфологии поверхности и элементного состава покрытий проводили методом РЭМ (растровый электронный микроскоп «LEO EVO 50» Zeiss, Германия, ЦКП ИФПМ СО РАН «Нанотех» г. Томск). Образцы готовились с помощью вакуумного поста ВУП-4 (рабочий вакуум  $5 \cdot 10^{-5}$  тор, ток испарителей 50 А) методом угольных реплик.



Рис. 2.2.3-Растровый электронный микроскоп «LEO EVO 50» Zeiss, Германия  
Исследования проведены в режиме backscattered (CZ BSD) micrograph, и SE (secondary electron) detection для исследования морфологии поверхности (SE) и приповерхностного слоя (BSD).

Исследование элементных составов проведено с помощью энергодисперсионным анализом (ЭДА). ЭДА базируется на анализе энергии эмиссии рентгеновского спектра материала, исследуя энергетический спектр излучения, можно сделать выводы о качественном и количественном составе образца.

## **Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

В настоящее время научные исследования потребуют много человеческих и материальных ресурсов, и ученым необходимо найти профессиональных инвесторов для сотрудничества. Инвесторы должны учитывать стоимость исследований, прежде чем инвестировать. Предсказать бизнес-перспективы этого исследования и обеспечить свои собственные интересы. Поэтому ученым необходимо иметь полное представление о своих собственных исследованиях, анализировать стоимость исследований и обеспечивать, чтобы инвесторы были готовы предоставить средства для научных исследований.

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.

Целью данной работы является разработка метода темплатного синтеза металлических наночастиц и нанонитей. Для достижения массового производства наноматериалов необходимо найти оптимальный метод синтеза, повысить эффективность производства и сэкономить затраты.



## 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время для синтеза наноматериалов существуют различные различные методы синтеза. Каждый метод имеет свои технические характеристики и преимущества. Чтобы выбрать лучший метод для синтеза наноразмерных кобальта, сравниваются конкурентоспособность следующих методов: электровзрыв, лазерное испарение, темплатный синтез.

В таблице 5 представлено сравнения технических характеристик и экономических показателей по 5 бальной шкале, где 1 – самая низкая оценка, а 5 – самая высокая оценка, вес критерия составляет итогов 1.

Таблица 5-Сравнение конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Мэ	Мл	Мт	Мэ	Мл	Мт
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Легкость операции	0.04	3	3	5	0.12	0.12	0.2
2. безопасность работы	0.13	5	4	5	0.65	0.52	0.65
3. Требование окружающей среде	0.09	5	1	4	0.45	0.09	0.36
4. Затрат энергии	0.08	3	4	5	0.24	0.32	0.4
5. Технологичность	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
6. Эффективность работы	0.08	4	3	5	0.32	0.24	0.4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Реализация продукта	0.07	5	5	5	0.35	0.35	0.35
2. Уровень охвата рынка	0.07	4	5	4	0.28	0.35	0.28
3. Предполагаемая цена	0.08	3	3	5	0.24	0.24	0.4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.08	5	4	5	0.4	0.32	0.4
5. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0.07	3	5	5	0.21	0.35	0.35
6. Срок выхода на рынок	0.06	5	3	5	0.3	0.18	0.3
7. Наличие сертификации разработки	0.05	3	5	5	0.15	0.25	0.25
<b>Итого</b>	1	53	50	63	4.21	3.83	4.84

Для расчета конкурентоспособности различных методов синтеза использована формула:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где  $K$  – конкурентоспособность;  $B_i$  – вес показателя;  $B_i$  – балл показателя.

В таблице 1 показаны результаты расчета, по сравнению методических характеристик и экономических показателей можно сделать вывод, что темплатный синтез для получения наноразмерных кобальта обладает конкурентоспособностью.

#### 4.1.2 SWOT-анализ метода темплатного синтеза

SWOT-анализ, который представляет собой ситуационный анализ, основанный на внутренней и внешней конкурентной среде и конкурентных условиях, заключается в перечислении различных основных внутренних преимуществ, недостатков и внешних возможностей и угроз, которые тесно связаны с объектом исследования посредством исследования, и следуют матрице. Организовать, а затем использовать идею систематического анализа, чтобы сопоставить различные факторы друг с другом для анализа, и сделать из них ряд соответствующих выводов, выводы обычно имеют определенную степень принятия решений.

В таблице 6 и 7 представлены интерактивные матрицы возможности и угроз метода темплатного синтеза.

Таблица 6 -Интерактивная матрица возможности проекта

	сильные стороны			
	S1	S2	S3	S4
B1	-	-	-	-
B2	-	+	-	-
B3	-	+	-	+
	слабые стороны			
	W1	W2	W3	W4
B1	-	-	-	+
B2	+	-	-	-
B3	-	-	-	-

Таблица 7-Интерактивная матрица угроз проекта

угрозы	сильные стороны				
		S1	S2	S3	S4
	Y1	+	+	-	-
	Y2	+	-	+	-
	слабые стороны				
		W1	W2	W3	W4
	Y1	-	-	-	+
	Y2	-	+	-	-

Таблица 8 -Результаты SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>                  S1. Низкая стоимость исходного сырья                  S2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции                  S3. Доступность сырья                  S4. Экологичность технологии</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>                  W1. Отсутствие прототипа научной разработки                  W2. Невысокие объемы производства                  W3. Риск нарушения правил безопасности и возникновения различных непредвиденных ситуаций                  W4. Вероятность получения брака</p>
<p><b>Возможности</b>                  В1. Использование оборудования ИШНПТ ТПУ                  В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт                  В3. Внедрение технологии в производство</p>	<p>В2S2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос                  В3S2S4. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции и экологичность технологии являются основанием для внедрения технологии в производство</p>	<p>В1W4. Новейшее оборудование позволит на ранних стадиях исследование выявить и предотвратить появление брака</p>
<p><b>Угрозы</b>                  У1. Появление зарубежных аналогов и более ранних их выход на рынок                  У2. Разработка новых технологий конкурентами и</p>	<p>У1S1S2. Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения технологического процесса</p>	<p>У2W2. Разработка новых технологий для увеличения объема производства                  У1W4. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения брака</p>

снижение цен		
--------------	--	--

Результаты проведенного SWOT-анализа показаны то, что метод темплатного синтеза имеет больше сильных сторон, которые совершают высокой эффективности производства. Но при проведении работы существует проблемы, влияющие на эксперимент.

## 4.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Современные научные исследования очень сложны и требуют совместной работы множества людей, поэтому для совместной работы необходимо создать научно-исследовательскую группу. Перед проведением исследования необходимо установить процесс исследования, рабочий график и назначить задачи для обеспечения нормального проведения исследования. Основные этап исследования, содержание работ исследования и распределение исполнителей представлены в таблице 9.

Таблица 9 -Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	инженер
	4	Выбор методов исследования	научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	инженер, научный руководитель
	6	Проведение эксперимента	инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов исследования	инженер
	8	Оценка эффективности результатов	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Составление пояснительной записки	инженер

#### 4.2.2. Разработка графика проведения научного исследования

Человеческие затраты составляют большую часть научных исследований, поэтому важной частью научного исследования является определение трудоемкости. Для определения трудоемкости необходимо определить содержание и последовательность работы.

Определение трудоемкости для выполнения научного исследования проведено экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожі}$  использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

После расчета трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях  $T_p$ ), необходимо учитывать координацию работы. Время, затрачиваемое исполнителями на одну задачу, различно, и несколько задач могут выполняться одновременно. Для определения продолжительности одной работы в рабочих днях использована следующая формула:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Результаты расчета трудоемкости и продолжительности работы представлены в таблице 12.

#### 4.2.2. Разработка графика проведения исследования

Диаграмма Ганта показывает порядок и продолжительность конкретных предметов в виде списка активности и шкалы времени. Линейный график, горизонтальная ось представляет время, вертикальная ось представляет проект, а линия представляет запланированное и фактическое завершение периода. Интуитивно понятно, когда план идет, и сравнить прогресс с требованиями. Менеджерам легко понять оставшиеся задачи проекта и оценить ход работы.

Диаграмма Ганта является одним из самых ранних инструментов, связывающих действия и время с целью упорядочения работы, и помогает компаниям описывать использование ресурсов, таких как рабочие места и сверхурочные работы.

Для построения графика Ганта необходимо определить длительность каждой выполняемой работы в календарные дни. Для этого использованы следующие формулы:

$$T_{ki,рук} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

$$T_{ki,инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где  $k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал,рук} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

$$k_{кал,инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (6)$$

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



№	Вид работ	Исп	Продолжительность работ														
			февр			март			апр			май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	утверждение плана-графика																
2	Календарное планирование выполнения ВКР	руководитель инженер															
3	Обзор научной литературы	инженер															
4	Выбор методов исследования	руководитель															
5	Планирование эксперимента	руководитель инженер															
6	Проведение эксперимента	инженер															
7	Анализ полученных результатов исследования	руководитель															
8	Оценка эффективности результатов	руководитель															
9	Составление пояснительной записки	инженер															

Примечание:

–научный руководитель      – инженер

Таблица 12-Количество календарных дней.

наименование	Количество дней
Общее количество календарных дней	87
Общее количество календарных дней инженер	66
Общее количество календарных дней руководителя	25

Для выполнения лабораторной работы продолжительность составляет 87 дней.Общее количество календарных дней инженера -66 дней, Общее количество календарных дней руководителя-25дней.

#### 4.2.3. Бюджет научно-технического исследования

При проведении научных исследований, кроме человеческих затрат, также расходуются другие виды расходов. Поэтому должно сделать план



бюджета научно-технического исследования для выполнения темы. Для расчета бюджета следует рассчитать следующие показатели:

1. материальный затрат
2. амортизации специального оборудования
3. основная заработная плата исполнителей темы
4. отчисления во внебюджетные фонды
5. накладные расходы

#### **4.2.3.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования**

При приведении научного исследования материальная затрата является основной частью расхода. Для расчета затраты материалов использована следующая формула:

$$З=К*Ц \quad (7)$$

где З- затрата материала, К-количество используемого материала, Ц- цена материала за единицу.

Вся информация материалов и затраты представлены в таблице (таблица 8).

Таблица 13-Затраты на темплатный синтез.

Наименование	Количество	Цена	Итого затраты, руб.
пластина алюминия	0.5	88руб/кг	
перчатки	1	695/уп	695
электропровод	1	60руб/м	60
щавелевая кислота	1	165/кг	165
гидратированный сульфат кобальта	1	680/кг	680
Ортофосфорный кислота 85%	2	280руб/л	560
маска	50	5/шт	250
Итого:			2410руб.

Как показано в таблице 13, что материальные затраты составляет 2410руб.

#### 4.2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Амортизация оборудования является важной проблемой в ходе исследования. При приведении экспериментов необходимо использованы специальные экспериментальные оборудования, в оборудовании появляется амортизация после длительной работы.

В таблице 14 представлены информация оборудования затраты на оборудования.

Таблица 14-Затраты на оборудование.

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	электрический источник питания	1	10	25000	25000
2	электрическая мешалка	1	5	2000	2000
3	атомная силовая микроскопия	1	10	4500000	4500000
Итого:					4527000 руб.

Рассчитывали амортизацию с помощью следующие формулы :

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (8)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (9)$$

где  $I$  – итоговая сумма, руб.;  $m$  – время использования, мес.

Расчет амортизации для электрического источника питания следующим, срок полезного использования 10 :

$$H_{AM} = 1/10 = 0.1$$

Расчет амортизации для электрической мешалки следующим, срок полезного использования 5 лет:

$$H_{AM} = 1/5 = 0.2$$

Расчет амортизации для атомной силовой микроскопии следующим, срок полезного использования 10:

$$N_{AM}=1/10=0.1$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

электрический источник питания:

$$A_{И}=(N_{AM} \cdot И) / 12 = (25000 \cdot 0.1) / 12 = 208.33 \text{руб.}$$

электрическая мешалка:

$$A_{M}=(N_{AM} \cdot И) / 12 = (2000 \cdot 0.2) / 12 = 33.33 \text{руб.}$$

атомная силовая микроскопия:

$$A_{M}=(N_{AM} \cdot И) / 12 = (4500000 \cdot 0.1) / 12 = 37500 \text{руб.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A_c = 208.33 + 33.33 + 37500 = 37741.66 \text{руб.}$$

#### 4.2.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Эксперимент проводится совместно исследователями и должен учитывать расходы на рабочую силу и рассчитывать расходы на заработную плату, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

где  $Z_{дн}$  – средневзвешенная заработная плата, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

(таблица 8).

Средневзвешенная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}; \quad (11)$$

где  $Z_m$  – должностной оклад работника за месяц;

$F_o$  – количество рабочего времени исполнителей, раб.дн.;

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

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_o) k_p \quad (12)$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{np}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_o$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 15-Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 16-Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}$ , руб	$k_{np}$	$k_o$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	23250	0,3	0,2	1,3	45337,5	1898,28	25	47457
инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743	66	115038
Итого:								162495

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 47457 = 7118,55 \text{руб.} \quad (13)$$

– для инженер:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0.15 \cdot 115038 = 17255.7 \text{руб.} \quad (14)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработнойной (0,15).

#### 4.2.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (47457 + 7118.55) = 16372.67 \text{руб} \quad (15)$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (115038 + 17255.7) = 39688.11 \text{руб} \quad (16)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

#### 4.2.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы определяются следующим:

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (\text{сумма}) \cdot K_{нр} \\ &= (2410 + 37741.66 + 4527000 + 56060.78 + 24374.25 + 162495) \cdot 0,2 \\ &= 56616.34 \text{руб.} \end{aligned} \quad (17)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Рассчитали все виды расхода при приведении исследования темы <<разработка метода темплатного синтеза наноструктур в алюмооксидных матрицах>>, полученные результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17-Группировка затрат по статьям

Статьи							
Амортизация руб.	Сырье, материалы руб.	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата руб.	Отчисления на социальные нужды руб.	Итого без накладных расходов	Накладные расходы руб.	Итого бюджетная стоимость

		руб.			в руб.		руб.
37741.66	2410	162495	24374.25	56060.78	283081.7	56616.3 4	339698.0 4

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

Эффективность исследований является важным показателем для оценки научно-исследовательской деятельности. Для определения этого показателя должно рассчитать интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования является важным для оценки эффективности исследования. Для этого должно сравнить данного исследования с другими.

В качестве НИР выбраны ближайшие аналоги:

- 1) мембран фирмы Anodisc 47
- 2) мембран фирмы Sterli tech

Для определения интегрального финансового показателя вариантов использована следующая формула:

$$I_{\text{финр}}^{\text{Var.i}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость вариантов

$I_{\text{финр}1} = 339698.04 / 400000 = 0.84$  - интегральный финансовый показатель НИР

$I_{\text{финр}2} = 340000 / 400000 = 0.85$  - интегральный финансовый показатель Anodisc

$I_{\text{финр}3} = 400000 / 400000 = 1$  - интегральный финансовый показатель Sterli tech

Рассчитали интегральные финансовые показатели трех вариантов, интегральный финансовый показатель НИР-0.84, Anodisc-0.85, Sterli tech-1.

Для определения интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов выполнения ( $I_{pi}$ ) необходимо сравнить характеристик каждого вариантов, результаты сравнения представлены в таблице 18.

Таблица 18-Сравнительная оценка характеристик вариантов.

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	НИР	Anodisc	Sterli tech
1. недежность материала	0,1	4/0,4	3/0,3	3/0,3
2 Удобствоприменения	0,15	5/0,75	3/0,45	2/0,3
3. Технические характеристики	0,15	4/0,6	2/0,3	3/0,45
4. Материалоемкость	0,20	5/1	5/1	4/0.8
ИТОГО	1	18/2.75	11/2.05	12/1.85

Путем рассчитанные данные интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности определяется интегральный показатель эффективности вариантов ( $I_{вари}$ ) по следующей формуле:

$$I_{вари} = \frac{I_{р-вари}}{I \frac{вари}{финр}} \quad (19)$$

$I_{вар1}=2.75/0.84=3.27$  –показатель эффективности НИР

$I_{вар2}=2.05/0.85=2.41$  –показатель эффективности Anodisc

$I_{вар2}=1.85/1=1.85$  –показатель эффективности Sterli tech-1

Были рассчитаны интегральные финансовые показатели ,интегральные показатели ресурсоэффективности и показатели эффективности.Следует сравнить интегральный показатель каждого варианта с другими двумя вариантами по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (20)$$

Таблица 19-Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	НИР	Anodisc	Sterli tech-1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.84	0.85	1

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2.75	2.05	1.85
3	Интегральный показатель эффективности	3.27	2.41	1.85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	A-1.35 S-1.76	H-0.73 S-1.30	H-0.56 A-0.76

### **Выводы по разделу**

1. По сравнению технических решений доказана конкурентоспособность метода темпланого синтеза. Путем SWOT-анализ исследованы сильные и слабые данного метода. Это исследование имеет больше преимущества и возможности.

2. При планировании научно-исследовательских работ выполнена разработка структуры работ в рамках научного исследования, в котором показаны соответствующие исполнители задач. Строили план-график выполнения этапов работ. Путем графика определены следующие факторы: общее количество календарных дней для выполнения работы – 87 дней; общее количество календарных дней инженера – 66; общее количество календарных дней руководителя – 25.

3. Рассчитаны все виды затрат, бюджет научно-технического исследования составляет 339698.04 руб;

4. По данных полученной эффективности НИР, можно сделать выводы:

1) значение интегрального финансового показателя НИР составляет 0.73, по сравнению с аналогами НИР является финансово выгодной.

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИР составляет 2.75, аналоги составляют 2.05 и 1.85,

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 3.27, аналоги составляют 2.41 и 1.85, показатель эффективности НИР является наиболее высоким, что доказывает, что техническое решение, рассматриваемое в НИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.



## **Глава 5. Социальная ответственность**

### **Введение**

Лабораторная работа проводилась в лаборатории 211 корпуса 15 инженерного института новых производственных технологий. Лаборатория является закрытым и сухим помещением. В лаборатории имеются хорошую систему освещения. Лаборатория была оборудована двумя вытяжными шкафами для обеспечения движения воздуха, лабораторным столом и двумя вакуумными печами. В помещении оснащены аптечки, огнетушители.

Целя работы является разработка темплатного синтеза наноразмерных структур. В ходе эксперимента длительно проведена работа в помещении, чтобы обеспечить здоровье человека, необходимо эффективно контролировать внутреннюю среду. Во время эксперимента использовано большое количество токсичных химикатов, которые выделяют токсичные газы, влияющие на здоровье организма. В то же время использовали электрические приборы, что подразумевает безопасность электричества. Поэтому необходимо анализировать лабораторную среду, учитывать вредные факторы и предлагать соответствующие решения.

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

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

При работе в лаборатории следует исходить из положений Трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019) [1]. В ходе работы в лабораториях возраст человека не моложе 18 лет, проведен медицинский осмотр и не имеются противопоказаний по состоянию здоровья.

В химических лабораториях существуют многие тяжёлые и вредные условия, влияющие на состояние здоровья человека. Согласно [2] при работе в лабораториях следует сокращать продолжительности работы и вовремя надо оценить условия труда на рабочих местах, в которых существуют тяжелые и вредные условия. Кроме того, в химических лабораториях нельзя

продолжительно работать более 36 часов в неделю. В соответствии с Российским законодательством работающие в химических лабораториях должны иметь право на:

1. обязательно социальное страхование;
2. обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
3. обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Лаборатория находится на 2 этаже корпуса 15, размер помещения составляет 5×6×3м, 2 окна выходящих на север, в помещении находятся 3 оборудования и 3 человек.

Когда работник работает, следует соблюдать требования ГОСТ 12.2.032-78[3] и ГОСТ 12.2.033-78[4].

В лабораториях организуют ответственных для того, чтобы вовремя проверить безопасность оборудования и устранить потенциальные угрозы безопасности. Перед началом работы младший персонал должен пройти обучение технике безопасности, ознакомиться с условиями работы, изучить правила техники безопасности. Уведомления о безопасности следует размещать в специально отведенных местах лаборатории, чтобы персонал мог выполнять соответствующие работы в соответствии с правилами. В лабораториях только размещается выполнения соответственных работ, запрещается проведение других видов работы.

При приведении лабораторной работы используются химические вещества, которые выделяют токсичный газ, который вреден для здоровья после поглощения людьми. Значит в лабораториях следует установить приточно-вытяжную вентиляцию для обеспечения движения воздуха. В помещении необходимо держать аптечку первой медицинской помощи и огнетушитель. В

данной среде запрещено продолжительно работать более 4 часа, работник должен периодически отдыхать.

## 5.2 Производственная безопасность

Лабораторная работа проводится в лабораториях 211 корпуса 15 Томского политехнического университета. В лаборатории оборудованы ультразвуковая ванна, приточно-вытяжная вентиляция, рабочий стол и печь . Для обеспечения безопасности работы необходимо определить вредные и опасные факторы в лабораториях.

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 [5]. Определенные возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 20.

Таблица 20-Возможные опасные и вредные факторы .

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [6] ГОСТ 12.1.005-88 [7]
2. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [8] ГОСТ 12.1.029-80 [9] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [10]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [11] СП 52.13330.2016 [12]
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 [13] ГОСТ 12.1.038-82 [14]

## 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

### 5.2.1.1 Отклонения показателей микроклимата

Показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура и относительная и влажность воздуха, скорость движения, а также степень интенсивности теплового излучения.

Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственного помещения для категории работ «Легкая Ia» по ГОСТ 12.1.005-88 [7] приведены в таблице 21.

Таблица 21-Требования к микроклимату помещения для категории работ «Легкая Ia»

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

Эти факторы сильно указывают влияние на тепловое состояние человека и работоспособность, здоровье и производительность труда. Оптимальное условие микроклимата обеспечивают комфорт рабочего зона, не вызывает отклонений в состоянии здоровья,повышает работоспособность.

Для создания нормальных условий при приведении лабораторных работ следует регулярно контролировать показатели микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96 [6] .

В лабораториях регулярно используют химические вещества,из которых выделяется токсичный газ,разрушающий здоровья человека, в помещении необходимо оборудован вентиляция для того ,что отходить газа и

способствовать движению воздуха. Для регулирования температуры и влажности следует установить систему кондиционирования воздуха. Запрещена длительная работа при неоптимальном условии микроклимата и сразу регулируют показатели микроклимата.

### 5.2.1.2 Превышение уровня шума

В лабораториях существуют проблемы высокой влажности, температуры и недостаточности движения воздуха.

Гигиенические нормативы определяются методами в ГОСТ 12.1.003-2014 [8] и в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [10]. Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука представлены в таблице 22.

Таблица 22-Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

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

Шум является беспорядочным и нежелательным звуком для человека, он сильно влияет на работоспособность. При проведении работы в химических лабораториях часто возникает шум из-за использования электрических приборов. Интенсивный шум приводит к повышенной утомляемости, головной боли и понижению памяти.

В лаборатории показатели шума соответствует оптимальным нормам, обычно не влияют на здоровье работника. В лаборатории шум вызван работой оборудования, если уровень шума ниже предела нормов, снижение шума достигается добавлением смазки и ремонтом оборудования лабораторий.

### 5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Нормы освещения научно-технических лабораторий, в том числе физических, стилометрических, спектрографических и т. п., по [11] представлены в таблице 23.

Таблица 23-Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения научно-технических лабораторий

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости и над полом, м	Естественное освещение КЕО $e_n$ , %		Совмещенное освещение КЕО $e_n$ , %		Искусственное освещение				
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещенность, лк		Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, КЕО $e_n$ , %, не более	
					при комбинированном освещении	при общем освещении			
Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	40	10

Нормы разных видов освещения для промышленных помещений со зрительными работами разрядов приведены в [12]. Синтез наноразмерных

частиц предполагает зрительные работы VI разряда, поэтому выбраны категории VI, нормы представелены в таблице 24.

Таблица 24 -Требования к освещению помещений промышленных предприятий (для категории VI)

Искусственное освещение				
Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации	
при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	UGR, не более	К <sub>п</sub> , %, не более
Всего	В том числе от общего			
-	-	200	25	20

Освещенность помещений является важнейшим фактором, влияющим на производительности рабочих. Повышение освещенности способствует созданию благоприятных гигиенических условий.

По нормам освещения и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется 300 - 500 лк при общем освещении. Для обеспечения достаточной освещенности используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, световой поток одной лампы составляет 2480 лм, коэффициент запаса составляет 1.4, коэффициент использования 43%.

Высота светильника над рабочей поверхностью  $h$ , м, определяется по формуле:

$$h = H - h_c - h_p = 3 - 0 - 0.8 = 2.2 \text{ м}$$

где  $h_c$  – расстояние от светильника до потолка, м;  $H$  – высота помещения;  $h_p$  – высота рабочей поверхности над уровнем пола, м (принимается равной 0,8 м).

Индекс помещения определен по следующей формуле:

$$I = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{5 \times 6}{2.2 \times (5 + 6)} = 1.24$$

Коэффициент использования светового потока  $U = 43\%$ , количество светильников определяется по формуле:

$$\frac{E \cdot S \cdot K}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{300 \times 30 \times 1.4}{0.43 \times 2 \times 2480} \approx 6$$

где  $E$  – требуемая горизонтальная освещенность, лк;  $S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;  $K$  – коэффициент запаса;  $U$  – коэффициент использования;  $n$  – число ламп в одном светильнике;  $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток одной лампы, лм.

Общее фактическое освещение в помещении рассчитано по следующей:

$$\Phi_{\text{об}} = \Phi_{\text{л}} \cdot N = 2480 \times 6 = 14880 \text{ лм}$$

Освещенность в лаборатории запрещено быть слишком слабым или интенсивным. Слабая освещенность приводит к близорукости, интенсивная освещенность вызывает травму глаз. В лаборатории имеются оптические приборы, освещенность не может приводить к разрушению приборов.

### 5.2.1.4 Анализ электробезопасности

Электрический ток представляет собой движение электрических зарядов. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов приведены в таблицу 25.

Таблица 25 - Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

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

Воздействие электрического тока на человека зависит от силы и рода тока, времени действия и т.к. При воздействии тока физическое и психологическое состояние человека подвергает сильному влиянию. Электрический ток разделяется на переменный и постоянный. Переменный ток является более опасным, чем постоянный.



При анализе электробезопасности необходимо классифицировать категории помещения по опасности помещения, представленные в таблице 26.

Таблица 26-Классификация помещения по опасности поражения электрическим ток.

Категория помещения	Критерии оценки опасности поражения электрическим током
Особо опасные помещения	Существует один из следующих признаков: - присутствие химически активных сред; - постоянная влажность 100% (особенно во сырых помещениях); - наличие более двух факторов, которые увеличивают предпосылку опасности.
Помещения повышенной опасности поражения электрическим током	Присутствует один из следующих факторов: - повышенная температура воздуха (более + 35 °С); - повышенная влажность (более 75 %); - наличие токопроводящей пыли; - наличие токопроводящих полов; - возможности прикосновения одновременно и к электроустановке, и к заземлению или к двум электроустановкам одновременно.
Мало опасные помещения	Помещения в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

В лаборатории присутствует химические активных сред, таким образом, эта лаборатория относится к особо опасному помещению. Для обеспечения электробезопасности. Все лаборатории должны соответствовать требованиям по [15].

1. Напряжение электрических оборудовании свыше 42В должны быть заземлены.

2. Запрещено перегружать электросеть.

3. При перерыве в подаче электроэнергии все оборудования выключены.

4. Запрещено электрооборудования положить рядом с источниками воды.

### **5.2.1.5 Анализ пожарной безопасности**

Пожарная безопасность – это эффективная система противопожарной защиты объекта. Основными причинами возникновения пожара является нарушение правил пожарной безопасности и неисправность электрических приборов. Категория помещения по пожарной опасности классифицируются в таблице 27.

Таблица 27 -Классификация помещений по степени пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А Взрыво- пожароопасная	-Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более +28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. -Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б Взрыво- пожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более + 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1 – В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

Таблица 28 -Определение категории В1-В4 осуществляется по значению удельной пожарной нагрузки.

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка г на участке, МДж·м <sup>-2</sup>	
В1	Более 2200	Удельная пожарная нагрузка определяется как соотношение общей пожарной нагрузки (произведения количества и низшей теплоты сгорания вещества) на площадь ее размещения. При наличии различных горючих веществ и материалов в помещении общая пожарная нагрузка определяется как сумма произведений количества и низшей теплоты сгорания каждого вида вещества.
В2	1401 — 2200	
В3	181 — 1400	
В4	1 — 180	

В лаборатории часто синтезируют нанопорошки, которые могут приводятся к взрыву пыли, в помещении существует большое количество алкоголя и органических расворов, среди их часть могут вызывать пожар. Поэтому данная лаборатория относится к Б категории помещения.

Для обеспечения пожарной безопасности лаборатории экспериментальное оборудование следует эксплуатироваться в соответствии с требованиями, понимать правила пожарной безопасности, оборудованы

противопожарные оборудования в помещении. Чтобы обеспечить своевременную эвакуацию с места происшествия в случае пожара, необходимо разработать маршрут эвакуации(рис.5.2.1).

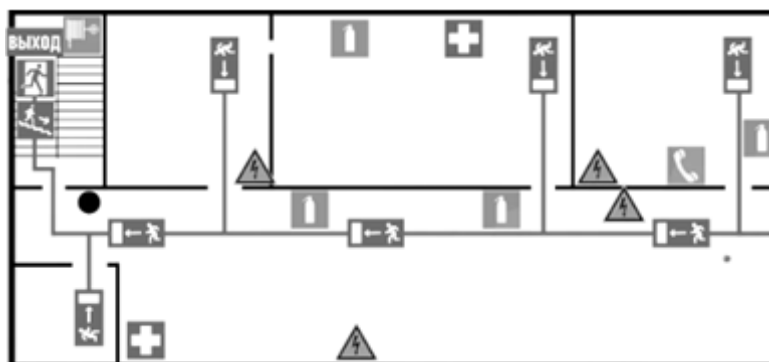


Рис.5.2.1- План эвакуации.

После того, как сбежали с места пожара, необходимо сразу связаться с пожарной службой, чтобы они могли узнать о ситуации пожара, если в случае получения травм на месте пожара необходимо немедленно обратиться в больницу.

### 5.3 Экологическая безопасность

В настоящее время экологическая проблема уже стала самой актуальной . Отход отработанных веществ сильно влияет на экологию. В лабораториях есть многие химические вещества,которые могут загрязнять окружающую среду.

Когда проводится лабораторная работа в помещении, используются токсические химические вещества,например,ортофосфористая кислота,лимонная кислота,хлор диоксид. Кислота выделяет токсический газ,который через вентиляционный трубок отходит в окружающую среду.Поэтому должен установлены перегородки с адсорбентом для поглощения вредных газов.Адсорбент изготовлен из угля. Отработанные растворы запрещено прямо налить в канализацию. После того как кислотный раствор израсходован, его следует налить в ведро, добавить щелочной растворитель для нейтрализации кислотности, а затем выгрузить. Токсичный

раствор должен особенно разработать. Твердые вещества после уничтожения и особенно разработки отходят.

При работе в лабораториях следует обеспечивать чистоту помещения и экологическую безопасность. Согласно [16] позволяет избежать несчастные случаи и тяжелые последствия.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Подготовленность к чрезвычайным ситуациям представляет собой одной важнейший фактор в безопасности жизнедеятельности. Безопасность разделяются по видам на промышленную, экологическую, химическую и др. В лабораториях чрезвычайная ситуация содержит взрыв и пожар.

Возникновение пожаров является универсальным и может происходить практически во всех лабораториях:

1. Линия электропитания устарела или повреждена упаковка, что приводит к нагреву линии и пожару.

2. Во время экспериментальной работы, например, ультрачистая настольная спиртовая лампа является открытым пламенем. Неправильная работа, источник огня соприкасается с легковоспламеняющимися веществами, вызывая пожар.

3. Оборудование работает в течение длительного времени, слишком высокая температура вызывает пожар.

Лабораторные пожарно-спасательные мероприятия:

1. При обнаружении пожара экспериментаторы на месте, обеспечивая собственную безопасность, используют противопожарное оборудование (огнетушители и т. Д.), чтобы принять немедленные меры для предотвращения распространения пожара,

2. Определить место пожара, определите причину пожара,

3. Определить окружающую среду пожара, определите, есть ли распределение основных опасностей и приведет ли это к вторичной катастрофе.

4. Определить основной метод оказания помощи при бедствиях и примите соответствующие меры, использовать соответствующее противопожарное оборудование для пожаротушения в соответствии с чрезвычайными процедурами. Например, сжатый газ, сжиженный газ, легковоспламеняющаяся жидкость, легковоспламеняющиеся товары и т. д.

Некоторые легковоспламеняющиеся и взрывоопасные материалы хранятся в лаборатории:

1.Нарушение правил эксплуатации, воспламенение легковоспламеняющихся материалов и взрыв;

2. Оборудование стареет, имеются неисправности или дефекты, которые приводят к утечке легковоспламеняющихся и взрывоопасных материалов, вызывая взрыв из-за искр.

Меры аварийной обработки при взрыве в лаборатории:

1. При возникновении лабораторного взрыва ответственное лицо или сотрудник по безопасности лаборатории должны своевременно отключить электропитание и трубопроводную арматуру;

2. Весь персонал должен соблюдать условия временного организатора. Организация быстро эвакуировала место взрыва через безопасный выход или другими средствами;

3. Лидерская группа аварийного реагирования отвечает за организацию спасательных работ и размещение персонала. Франция быстро эвакуировала место взрыва.

### **Выводы по разделу**

В ходе проведения эксперимента, с учетом возможного существования вредные и опасные факторы на рабочем месте, было изучено влияние на персонала, и были предложены соответствующие профилактические методы ,решения в сочетании с правовыми документами и фактическими требованиями. Был проведен подробный анализ экологической безопасности и чрезвычайной ситуации, чтобы найти возможные проблемы безопасности и предложить практические решения.

## Заключение

1. Методом двухступенчатого анодирования алюминия А99 получен АОА со средним размером пор 82,56 нм, высокой степенью упорядоченности, который может быть использован как матрица для темплатного синтеза.
2. Исследована возможность применения АОА («Anopore») как матрицы для темплатного синтеза. Поры АОА равномерно распределены, средний размер составляет 314,1 нм. Таким образом, матрицы АОА («Anopore») очень хорошо подходят для темплатного синтеза.
3. Предложена схема и собрана установка для темплатного синтеза электроосаждением металлов в матрице АОА («Anopore») и подобраны условия, при которых возможно осуществление электроосаждения ( $U=20$  В,  $I=10$  мА).
4. В режиме ВСП электроосаждением синтезирован кобальт и никель на поверхности матрицы АОА темплатным методом. Частицы кобальта имеет неправильную форму с размером до микрометра и не равномерно распределяются на матрице АОА, содержание согласно спектрам ЭДА составило 0,23-23% мас. Никель распределен по матрице АОА равномерно в микроколичествах, содержание в спектрах ЭДА составило 0,15-0,33% мас. По данным РЭМ (ЭДА) эффективность осаждения кобальта на порядок выше, чем никеля.
5. В главе 4 проведен SWOT анализ научного исследования. Для лучшего планирования проведения работ и реализации труда исполнителей была построена ленточная диаграмма Ганта. Бюджет научно-технического исследования составляет 339698.04 руб., эффективность НИР является высокой.

6. В главе 5 анализировали вредные и опасные факторы на рабочем месте, было изучено влияние на персонал. Был проведен подробный анализ экологической безопасности и чрезвычайной ситуации.

### Список использованных источников

1. Brringer R. Gleiter H. Klein H P.et al. Nanocrystalline materials an approach to a novel solid structure with gas-like disorder?. Phys. Lett. A.1984.102:365.
2. Спивак Ю. М., Муратова Е. Н., Петенко О. С., Травкин П. Г. Определение параметров пористой структуры в por-Si и por-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> путем компьютерной обработки данных растровой и атомно-силовой микроскопии // Молодой ученый. 2012. № 5. С. 1–4.
3. Самигуллин Р. Ш., Шиманова В. В. Формирование мембран на основе пористого оксида алюминия и основные области их применения // Молодой ученый. 2014. № 7. С. 10–14.
4. Головань, Е. А. Влияние структурных характеристик пористых полупроводников и диэлектриков на их оптические свойства : дис. ... д-р. физ.-мат. наук : 01.04.21 / Головань Леонид Анатольевич ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. Москва, 2008. 251 с. : табл. Библиогр.: с. 226-251.
5. Аверин И. А., Губич И. А. Использование матрицы пористого оксида алюминия в качестве газового сенсора // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2012. № 2.
6. Masuda H., Fukuda K. Ordered metal nanohole arrays made by a 2-step replication of honeycomb structures of anodic alumina // Science. 268(1995). 1466-1468.
7. Anodic oxidation of aluminum and its alloys // In Information bulletin. Vol. 14. London: The aluminum development association.
8. W EI Jin—ming . Theory & Application of Metal Erode [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1984. 58— 64.
9. LI Chun-hong . Application of anodic oxidation technology in material function [J]. Surface Technology, 1997, 26(2): 5—7.



10. Woo Lee, Sang-Joon Park. Porous anodic aluminum oxide: Anodization and templated synthesis of functional nanostructures// *Chemical Review* -2014., -C. 7487-7556.
11. Li A P, Muller F, Birner A, et al. Polycrystalline nanopore arrays with hexagonal ordering on aluminum [J]. *VacSciTechnolA*, 1999, 17: 1428—1431.
12. Masuda H, Asoh H, Watanabe H, et al. Square and triangular nanohole array architecture of anodic porous alumina [J]. *Advanced Materials*, 2001, 13(3): 189—192.
13. Masuda H, Yamada H, Satoh M, et al. Highly ordered nanochannel—array architecture in anodic alumina [J]. *Appl Phys Lett*, 1997, 71: 2770—2772.
14. Choi J., Nielsch K., Reiche M., Wehrspohn R.B., Gösele U. Fabrication of monodomain alumina pore arrays with an interpore distance smaller than the lattice constant of the imprint stamp. *Journal of Vacuum Science & Technology B*, vol. 21, 2003, pp. 763–766.
15. A.M.M.Jani, D.Losic, N.H.Voelcker. Nanoporous anodic aluminium oxide: Advances in surface engineering and emerging applications. *Progress in Materials Science.Sci.*, 58, 636 (2013).
16. Gao, T., Meng, G., Zhang, J. *et al.* Template synthesis of single-crystal Cu nanowire arrays by electrodeposition. *Appl Phys A* **73**, 251–254 (2001).
17. Ahmed Alya'a Jabbar. Synthesis and Characterization of Noble Metal Nanowires by Electrodeposition in Porous Anodic Alumina Membranes. 2019, 2(2), 120-130.
18. T. Ohgai, L. Gravier, X. Hoffer, M. Lindeberg, K. Hjort, R. Spohr. Template synthesis and magnetoresistance property of Ni and Co single nanowires electrodeposited into nanopores with a wide range of aspect ratios. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 36 (2003), pp. 3109-3114.

19. Author links open overlay panel IR. Inguanta M. Butera C. Sunseri S. Piazza. Fabrication of metal nanostructures using anodic alumina membranes grown in phosphoric acid solution: Tailoring template morphology. *Applied Surface Science*. 2007, Pages 5447-5456.
20. Jennie Feliciano Mar á M. Mart ínez-I ñesta. Synthesis and characterization of Pd, Cu, and Ag nanowires in anodic alumina membranes using solid state reduction. *Materials Letters*. Volume 82, 1 September 2012, Pages 211-213.
21. Ilaria Lombardi, Allon I. Hochbaum, Peidong Yang, Carlo Carraro, Roya Maboudian. Synthesis of High Density, Size-Controlled Si Nanowire Arrays via Porous Anodic Alumina Mask. *Chem. Mater*. 2006, 18, 988-991.
22. Hui Wu, Yuji Higaki, Atsushi Takahara Khaled. Molecular self-assembly of one-dimensional polymer nanostructures in nanopores of anodic alumina oxide templates. *Progress in Polymer Science*. Volume 77, February 2018, Pages 95-117.
23. Amine Mezni, Tariq Altalhi, Nesrine Ben Saber, Ali Aldalbahi, Seifeddine Boulehmi, Abel Santos, Dusan Losic. Size- and shape-controlled synthesis of well-organised carbon nanotubes using nanoporous anodic alumina with different pore diameters. *Journal of Colloid and Interface Science*. Volume 491, 1 April 2017, Pages 375-389.
24. M. Chahroua, Naser M. Ahmedab M. R. Hashim, Nezar G. Elfadilla M. Bououdinac. Self-assembly of aligned CuO nanorod arrays using nanoporous anodic alumina template by electrodeposition on Si substrate for IR photodetectors. *Sensors and Actuators A: Physical* Volume 239, 1 March 2016, Pages 209-219.
25. Małgorzata Norek, Matti Putkonenb, Wojciech Zaleszczyk, Bogusław Budner, Zbigniew Bojar. Morphological, structural and optical characterization of SnO<sub>2</sub> nanotube arrays fabricated using anodic alumina

(AAO) template-assisted atomic layer deposition. *Materials Characterization*. Volume 136, February 2018, Pages 52-59.

26. Ranjeet Singh, Rajesh Kumar, S.K. Chakarvarti. Non-galvanic template synthesis of CdSe nanowires using Anodic Alumina Membrane and their optical band gap determination. *Materials Letters*. Volume 62, Issues 6–7, 15 March 2008, Pages 874-877.

27. Chien Wu, Jen-Bin Shi, Chih-Jung Chen. Synthesis and optical properties of CuS nanowires fabricated by electrodeposition with anodic alumina membrane. *Materials Letters*. Volume 62, Issues 6–7, 15 March 2008, Pages 1074-1077.

28. Y Lin, G S Wu, X Y Yuan, T Xie and L D Zhang. Fabrication and optical properties of TiO<sub>2</sub> nanowire arrays made by sol-gel electrophoresis deposition into anodic alumina membranes. *Journal of Physics: Condensed Matter*. 22 April 2003. Volume 15, Number 17.

29. Qingtao Wang, Guanzhong Wang, Bo Xu, Jiansheng Jie. Non-aqueous cathodic electrodeposition of large-scale uniform ZnO nanowire arrays embedded in anodic alumina membrane. *Materials Letters*. Volume 59, Issue 11, May 2005, Pages 1378-1382.

30. M. Wilson, K. Kannangara, G. Smith, M. Simmons, B. Raguse, *Nanotechnology: Basic Science and Emerging Technology*, first ed. CRC Press, 2002.

31. Fikret Yilmaz, Dong-Jin Lee, Joon-Woo Song, Hyun-Seon Hong, Hyeon-Taek Son, Jae-Sik Yoon, Soon-Jik Hong. Fabrication of cobalt nano-particles by pulsed wire evaporation method in nitrogen atmosphere. *Power Technology* 235(2013)1047-1052.

32. T.N. Narayanan, M.M. Shaijumon, P.M. Ajayan, M.R. Anantharaman. Synthesis of high coercivity cobalt nanotubes with acetate precursors and elucidation of the mechanism of growth. *J. Phys. Chem. C*, 112 (2008), pp. 14281-14285.

33. K.S.S. Yamamuro, T. Kamiyama, K. Suzuki. Morphological and magnetic characteristics of monodispersed Co-cluster assemblies. *J. Appl. Phys.*, 86 (1999).
34. M. Ravichandran, Goldie Oza, S. Veluman. Cobalt ferrite nanowhiskers as T2 MRI contrast agent. *RSC Adv.*, 2015, 5, 17223-17227.
35. S. Ayyappan, John Philip, Baldev Raj. A facile method to control the size and magnetic properties of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Materials [J]. Chemistry and Physics*, 2009, 15: 712-717.
36. Y. Cedeño-Mattei, O. Perales-Pe' rez. Synthesis of highcoercivity cobalt ferrite nanocrystals [ J ]. *Microelectronics. Journal*, 2009, 40: 673-676.
37. Wangya Wei, Zumin Wang, Jie Xu. Cobalt hollow nanospheres: controlled synthesis, modification and highly catalytic performance for hydrolysis of ammonia borane. *Science Bulletin*. Volume 62, Issue 5, 1 March 2017, Pages 326-331.
38. Wei Chu, Petr A. Chernavskii, León Gengembre. Cobalt species in promoted cobalt alumina-supported Fischer–Tropsch catalysts. *Journal of Catalysis*. Volume 252, Issue 2, 10 December 2007, Pages 215-230.
39. Medyantseva, E.P., Brusnitsyn, D.V., Varlamova, R.M. et al. Nanostructured Composites Based on Graphene and Cobalt Nanoparticles in Monoamine Oxidase Biosensors for Determining Antidepressants. *Inorg Mater* 55, 1390–1398 (2019).
40. D.W. Hwang, S. Lee, M. Seo, T.D. Chung. Recent advances in electrochemical non-enzymatic glucose sensor. *Anal. Chim. Acta*, 1033 (2018), p. 1.
41. L. Zhan, S. Wang, L.-X. Ding, Z. Li, H. Wang. Binder-free Co–CoO<sub>x</sub> nanowire arrays for lithium ion batteries with excellent rate capability and ultra-long cycle life. *J. Mater. Chem. A*, 3 (2015), pp. 19711-19717.

42. W.-Y. Li, L.-N. Xu, J. Chen.  $\text{Co}_3\text{O}_4$  nanomaterials in lithium-ion batteries and gas sensors. *Adv. Funct. Mater.*, 15 (2005), pp. 851-857.
43. Q. Liu, X. Guo, J. Chen, J. Li, W. Song, W. Shen. Cobalt nanowires prepared by heterogeneous nucleation in propanediol and their catalytic properties. *Nanotechnology*, 19 (2008), Article 365608.
44. M. Knez, A.M. Bittner, F. Boes, C. Wege, H. Jeske, E. Maiß, K. Kern. Biotemplate synthesis of 3-nm nickel and cobalt nanowires. *Nano Lett.*, 3 (2003), pp. 1079-1082.
45. J. Sánchez-Barriga, M. Lucas, F. Radu, E. Martin, M. Multigner, P. Marin, A. Hernando, G. Rivero. Interplay between the magnetic anisotropy contributions of cobalt nanowires. *Phys. Rev. B*, 80 (2009), Article 184424.
46. M. Proenca, K. Merazzo, L. Vivas, D. Leitao, C. Sousa, J. Ventura, J. Araujo, M. Vazquez. Co nanostructures in ordered templates: comparative FORC analysis. *Nanotechnology*, 24 (2013), Article 475703.
47. Pier Giorgio Schiavi, Pietro Altimari, Antonio Rubino, Francesca Pagnanelli. Electrodeposition of cobalt nanowires into alumina templates generated by one-step anodization. *Electrochimica Acta*. Volume 259, 1 January 2018, Pages 711-722.
48. Pier Giorgio Schiavi<sup>1</sup>, Antonio Rubino<sup>1</sup>, Pietro Altimari, and Francesca Pagnanelli. Two electrodeposition strategies for the morphology-controlled synthesis of cobalt nanostructures. *AIP Conference Proceedings*. 1990, 020005 (2018).
49. Peixia Yanga, Maozhong An, Caina Su, Fuping Wang. Fabrication of cobalt nanowires from mixture of 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride ionic liquid and ethylene glycol using porous anodic alumina template. *Electrochimica Acta*. 54 (2008) 763–767.
50. M. Nie, H. Sun, Z. D. Gao, Q. Li, Z. H. Xue, J. Luo, J. M. Liao. Co–Ni nanowires supported on porous alumina as an electrocatalyst for the

hydrogen evolution reaction. *Electrochemistry Communications*. Volume 115, June 2020, 106719.

51. Pier Giorgio Schiavi, Luca Farina, Pietro Altimari, Maria Assunta Navarra, Robertino Zannoni, Stefania Panero, Francesca Pagnanelli. A versatile electrochemical method to synthesize Co-CoO core-shell nanowires anodes for lithium ion batteries with superior stability and rate capability. *Electrochimica Acta*. Volume 290, 10 November 2018, Pages 347-355.

52. Ahmad, N., Khan, S., Arman Liaqat, M. et al. Influence of voltage variation on structure and magnetic properties of  $\text{Co}_{1-x}\text{Sn}_x$  ( $X = 0.3-0.7$ ) nanowire alloys in alumina by electrochemical deposition. *Appl. Phys. A* 123, 65 (2017).

53. Неорганические мембраны Anopore®. URL: [http://www.bionixlab.com/images/stories/pdf\\_files/Anopore\\_membranes.pdf](http://www.bionixlab.com/images/stories/pdf_files/Anopore_membranes.pdf) (27.11.2015).

54. Anopore® Inorganic Membranes. URL: <http://www.krackeler.com/catalog/product/3732/Anopore-Inorganic-Membranes> (27.11.2015).

55. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019)

56. Правительства РФ от 12.08.98 N 938 (СЗ РФ. 1998. N 33. Ст. 4037).

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

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

59. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факто-ры. Классификация (дата введения: 01.03.2017).

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

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

62. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).

63. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).

64. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.).

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

66. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (дата введения: 08.05.2017).

67. ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2019).

68. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов (дата введения: 01.07.1983).

69. ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2019).

70. Федеральный закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 (сизменением на 29 декабря 2015 года ) введенной в

действие с 1 января 2015 года Федеральным законом от 21 июля 2014 года N 219-ФЗ.