

СП1 «Материалы и технологии для водородной и  
ядерной энергетики».

*Руководитель проекта*  
**Зайков Юрий Павлович**

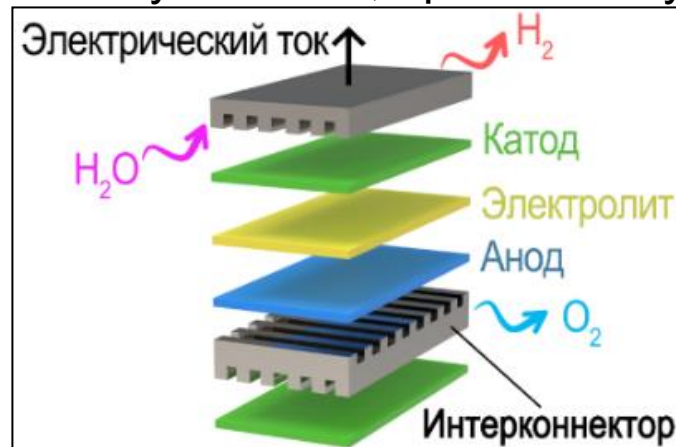
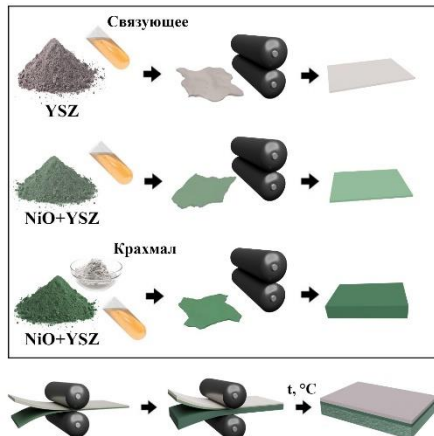


**Цель стратегического проекта** – Достижение лидирующих позиций в области создания материалов и технологий для водородной, возобновляемой и ядерной энергетики.

**Задачи стратегического проекта:**

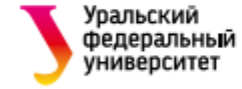


1. Синтез и исследование свойств материалов для устройств накопления и преобразования энергии.
2. Разработка новых методов создания материалов на основе ресурсосберегающих технологий с использованием исходных веществ отечественного производства.
3. Поиск новых и оптимизации характеристик известных материалов. Исследование процессов деградации материала.
4. Адаптация лабораторных методик конструирования устройств для задач масштабирования.
5. Сокращение времени перехода от научных идей к коммерческому продукту.
6. Разработка демонстрационных установок, прототипов устройств, создание стеков на их основе.





# Материалы и технологии для водородной и ядерной энергетики



приоритет2030<sup>+</sup>  
лидерами становятся

## Ключевые результаты, достигнутые в 2021–2022 году

Направление	2023-2024	2030+
<b>Электродные материалы и электролиты для устройств водородной энергетики</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Созданы новые материалы для устройств водородной энергетики с высокими эксплуатационными характеристиками</li> <li>Наработка базы данных по физико-химическим свойствам создаваемых и существующих материалов</li> <li>Разработка лабораторной технологии получения единичных элементов размером 5x5 см</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Проведение эксплуатационных испытаний созданных материалов</li> <li>Создание прототипов устройств на основе разработанных материалов и проведение их испытаний</li> <li>Разработка технологии получения единичных элементов размером 10x10 см</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Создание электролизных установок для синтеза зеленого водорода</li> <li>Оптимизация технологий изготовления материалов и стеков</li> <li>Создание твердооксидных устройств для конверсии различных видов топлива</li> </ul>
<b>Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Создание узкофракционных порошков оксидов металлов с требуемыми свойствами для твердооксидных материалов</li> <li>Электроосажденный кремний для анодных материалов литий-ионных источников тока с удельной емкостью до 1200 мАч/г</li> <li>Разработка методов извлечения требуемых РЗЭ из различного сырья отечественного производства</li> <li>Разработаны лабораторные методы синтеза органических материалов пригодных для получения РЕМ и полупроводниковых органических материалов</li> <li>Разработаны методики и установки для получения тонкопленочных покрытий на основе диоксида циркония</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Разработка промышленных технологий синтеза требуемых оксидных материалов</li> <li>Разработка методов получения тонкопленочных покрытий на основе кремния для полупроводниковых устройств</li> <li>Повышение эффективности технологии извлечения РЗЭ и его соединений, пригодных для дальнейшего применения из исходного сырья</li> <li>Разработаны способы получения функциональных газоплотных покрытий на керамических материалах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Организация крупнотоннажных производств требуемого для водородной энергетики спектра оксидных материалов.</li> <li>Создание образцов полупроводниковых устройства на основе электросинтезированного кремния</li> <li>Отработка технологий получения высокочистого сырья</li> </ul>
<b>НИИ Водородной энергетики</b> <p>Новая магистерская программа «Материалы и технологии водородной энергетики». Прием с 2023 года, 15 человек.</p> <p>Функционирует: 2 научных лаборатории и 1 совместная научная лаборатория</p> <p>Выделение помещений для осуществления научно-исследовательских работ.</p> <p>Создание журнала Electrochemical materials and technology. 1-й выпуск. Включение в РИНЦ.</p>	<p>Прием студентов в 2023. Увеличение приема до 30 человек в 2024. Прием аспирантов.</p> <p>Запуск новых лабораторий и испытательного центра.</p> <p>Проведение экспертиз, составление проекта ремонтных работ и ремонт необходимых помещений.</p> <p>Увеличение количества выпусков до 6. Привлечение иностранных авторов. Подача заявки на включение в Scopus/международные базы данных.</p>	<p>Создание совместной образовательной программы с промышленными партнерами (Росатом) для подготовки передовых научно-технических кадров</p> <p>Поиск новых сфер применения создаваемых материалов. Работа в качестве аттестационного центра по материалам для отрасли водородной энергетики. Разработка испытательного оборудования.</p> <p>Продвижение в международных рейтингах.</p>

**277 млн руб. (всего), в т.ч.:**

**Объем привлеченных средств в проект за 2021-2022г.**

99,9 млн руб. (субсидия «Приоритет-2030») 77,4 млн.р. в 2022. 22,4 млн.р. В 2021

177,1 млн руб. (средства, привлеченные университетом) 79, млн.р. В 2021, 98 млн.р. в 2022

Условные обозначения



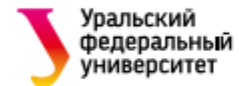
УГТ 1–3

УГТ 4–6

УГТ 7–9



# Материалы и технологии для водородной и ядерной энергетики



приоритет2030<sup>+</sup>  
лидерами становятся

## Софинансирование в 2021–2022 году и ключевые партнеры:

1. На этапе подписания. Разработка технологии производства рзм-актиниевого концентрата из продуктивных растворов подземного выщелачивания урана АО «ХИАГДА». Этап 1. 2022. Стоимость этапа – **61,44 млн рублей**.
2. Договор от 22.04.2021 № 4601044325. Стоимость работ – **25,53 млн рублей**.
3. Договор подряда от 22.12.2021 099/7306-Д. Стоимость работ – **3,90 млн рублей**.
4. Контракт от 14.12.2021 № 08-2021. Стоимость работ – **7,15 млн рублей**.
5. В рамках ГК № Н.4о.241.19.21.1070. Стоимость работ – **6 млн рублей**.
6. №774/315-Д от 26.07.2021. Стоимость работ – **28,75 млн рублей**.
7. №099/6361-Д от 04.03.2021. Стоимость работ – **15 млн рублей**.
8. №099/6283-Д от 04.03.2021. Стоимость работ – **4,15 млн рублей**.
9. №9000124843 от 22.09.2021. Стоимость работ – **21,2 млн рублей**.
10. №УМ-21-336 от 30.06.2021. Стоимость работ – **4 млн рублей**.

**Количество публикаций (на 01.10.2022): 23 статьи Q1/Q2 опубликовано в 2022 году, на рассмотрении 6 штук. Заявок на изобретения: 2 + 3 на этапе подачи.**

## Ключевые партнеры на текущем этапе:



# Ключевые результаты, достигнутые в 2021-2022 годах

## **Направление «Электродные материалы и электролиты для устройств водородной энергетики»**

1. Синтезированы новые перспективные перовскиты с слоистой структурой на основе  $BaLaInO$ .
2. Получены новые электролитные материалы на основе цирконата бария, церата лантана, всесторонне изучены их физико-химические и электрохимические свойства.
3. Отработаны технологии формирования полученных материалов в виде тонких газоплотных электролитных мембран.
4. Разработан теоретический подход, позволяющий выявить влияние акцепторных примесей на характеристики протонпроводящих мембран для протонно-керамических электролизеров.
5. Разработана лабораторная технология получения единичных планарных элементов размером 5x5 см методом трафаретной печати.
6. Разработана технология и установка для нанесения функциональных покрытий на основе диоксида циркония методом спрей пиролиза и электрофоретического осаждения.
7. Синтезированы металлические пены и исследованы их структурные свойства и каталитические свойства по отношению к реакции выделения водорода для низкотемпературного электролиза.

## **Ключевые публикации:**

1. Enhanced transport properties of Sn-substituted proton-conducting  $BaZr_{0.8}Sc_{0.2}O_{3-\delta}$  ceramic materials. Journal of the American Ceramic Society. Q1
2. Effect of sintering temperature on the transport properties of  $La_2Ce_2O_7$  ceramic materials. Ceramics International. Q1
3. High-temperature transport properties of  $BaSn_{1-x}Sc_xO_{3-\delta}$  ceramic materials as promising electrolytes for protonic ceramic fuel cells. Journal of Advanced Ceramics. Q1
4. Improving the performance of protonic ceramic fuel cells and electrolyzers: The role of acceptor impurities in oxide membranes. Energy Conversion and Management. Q1
5. Recent advances in layered  $Ln_2NiO_{4+\delta}$  nickelates: fundamentals and prospects for their applications in protonic ceramic fuel and electrolysis cells. Journal of Materials Chemistry A. Q1

## Ожидаемые результаты 2023 года

### **Направление «Электродные материалы и электролиты для твердооксидных устройств»**

1. Заключение договора с Росатом в рамках ЕОТП-412 «Разработка новых материалов и инновационных технологий для создания нового поколения твердооксидных электролизеров получения водорода». (360 млн.р. на 3 года)
2. Разработка технологии изготовления единичных элементов размером 10x10 см<sup>2</sup>.
3. Разработка методики испытаний единичных элементов.
4. Определение эксплуатационных характеристик разрабатываемых материалов.
5. Исследованы механизмы деградации твердооксидных материалов в ходе эксплуатационных испытаний.
6. Отработка методики изготовления электродных материалов и электролитов с использованием синтезированных порошков оксидов металлов.

**Индустриальные партнеры: АО "НИИ НПО "ЛУЧ", АО «Наука и инновации»**

**Академические партнеры: ИВТЭ УрО РАН**

## Ключевые результаты, достигнутые в 2021-2022 годах:

### ***Направление «Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии»***

1. Создана технология узкофракционного синтеза порошков оксида циркония с требуемыми свойствами для твердооксидных устройств.
2. Синтезированы новые образцы и исследованы свойства твердых экстрагентов на основе соединений дигликолевой кислоты.
3. Испытаны кремниевые структуры, синтезированные методом электроосаждения, в качестве анодного материала с емкостью до 1200 мАч/г для литий-ионных источников
4. Получены параметры распределения РЗЭ из различных сред с использованием нейтральных и ионнообменных экстрагентов.
5. Разработан способ комплексной переработки сидеритовых руд (Заявка на изобретение от 22.04.2022 №2022111018)
6. Разработан способ переработки сбросного скандийсодержащего раствора уранового производства (Заявка на изобретение от 29.04.2022 №2022111818)
7. Разработаны лабораторные методы синтеза материалов пригодных для получения PEM
8. Разработаны научные подходы и синтезированы новые полупроводниковые органические материалы

**Индустриальные партнеры: АО «Далур», АО «Наука и инновации»**

**Академические партнеры: ИОС УрО РАН, ИФМ УрО РАН**

### ***Направление «Материалы для электрохимических устройств преобразования энергии»***

1. Технология синтеза порошковых оксидных материалов различного фракционного состава для электролитов твердооксидных электролизеров на основе циркония и церия.
2. Технология синтеза порошковых материалов различного фракционного состава на основе оксида никеля для катодов твердооксидных электролизеров.
3. Технология синтеза порошковых материалов различного фракционного состава для анодов твердооксидных электролизеров.
4. Синтезированы и исследованы новые «зеленые» ионообменные материалы работающие по принципу межфазного распределения вещества для задач извлечения РЗЭ из сырья отечественного производства.
5. Разработаны новые методы для создания экстракционных и экстракционно-хроматографических материалов для выделения, разделения и очистки редких и редкоземельных материалов. .
6. Разработка метода получения тонкопленочного кремния высокой чистоты методом электроосаждения из расплавленных сред.

**Индустриальные партнеры в 2023 году: АО «Чепецкий механический завод», АО "НИИ НПО "ЛУЧ"**

**Академические партнеры: ИВТЭ УрО РАН, ИФМ УрО РАН**



**Создан с 01.09.2022 в структуре Химико-технологического института на основании приказа ректора 765/03 от 25.08.2022.**

**В настоящее время функционирует 2 научных лаборатории и 1 совместная научная лаборатория.**

- **НЛ электрохимических устройств и материалов (21 человек)**
- **НЛ водородной энергетики (18 человек)**
- **СНЛ функциональных материалов на основе стекла (6 человек)**

**Определен перечень помещений для функционирования НИИ. Начаты работы по подготовке проекта ремонтных работ и приспособления помещений для решения задач проекта.**

**Ведутся работы по организации научно-технического совета.**

**Организован журнал «Electrochemical materials and technology». Вышел 1-й выпуск. Подготовлена заявка на включение в перечень РИНЦ.**

**Создана новая ОП по направлению 22.04.01 «Материалы и технологии водородной энергетики». Прием 15 человек с 2023 года. Реализация научных и прикладных проектов в области современной энергетики как основа подготовки высококвалифицированных специалистов.**

## **Образовательная деятельность:**

**Первый набор студентов в 2023. Увеличение приема до 30 человек в 2024. Прием аспирантов. Разработка совместной образовательной программы с индустриальным партнером.**

## **Организационная деятельность:**

**Составление проекта ремонтных работ и выполнение ремонтных работ в выделенном помещении по адресу Софьи Ковалевской 6а для организации новых рабочих мест и установки оборудования.**

**Запуск новых лабораторий (лаборатория электрохимических технологий, лаборатория гидрометаллургии, совместная лаборатория технологий синтеза современных неорганических материалов) и испытательного центра для устройств водородной энергетики на площадке Софьи Ковалевской 6а.**

**Увеличение количества выпусков журнала Electrochemical materials and technology до 6 в год. Привлечение иностранных авторов. Подача заявки на включение в Scopus/международные базы данных.**

## Материалы

- Разработка лабораторных технологий синтеза порошков с требуемыми свойствами
- Нарботка материала по созданной технологии
- Исследование физико-химических свойств получаемых материалов
- Оптимизация технологий под конкретные задачи (электроды, электролизы, др. задачи)
- Адаптация лабораторных методов для промышленного производства
- Научное сопровождение работ по созданию опытного промышленного участка производства смешанных оксидов на площадке инд. партнера
- Нарботка и испытание опытной партии оксидных материалов
- Разработка технологий получения, пригодных для серийного производства, оксидных материалов необходимых для изготовления анодов, катодов и электролитов
- Разработка промышленной технологии производства порошков оксидов
- Оптимизация параметров процесса синтеза порошков методами математического моделирования и в лабораторных условиях
- Испытания связующих компонентов для получения единичных элементов методами ленточного литья
- Внедрение промышленной технологии производства оксидов на площадке индустриального партнера
- Поиск новых сфер применения создаваемых материалов (биокерамика, катализаторы и др.)
- Разработка технологий синтеза новых неорганических материалов для нужд водородной энергетики
- Оптимизация процесса получения оксидных материалов
- Разработка технологий синтеза новых неорганических материалов

2022

2023

2024

2026

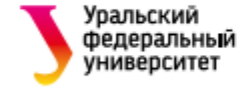
2030

## Электроды и электролиты

- Синтез опытных образцов материалов
- Исследование физико-химических свойств материалов
- Изучения условий синтез на процесс формирования электродных материалов
- Начало работ по изучению эксплуатационных характеристик
- Разработка лабораторных методик синтеза
- Опытные испытания материалов и единичных элементов размером не более 5x5 см<sup>2</sup>.
- Исследование процессов деградации материала
- Лабораторный синтез электродов/электролитов с использованием сырья собственного производства
- Разработка технологии изготовления элементов размером 10x10 см<sup>2</sup>.
- Разработка пригодной для серийного производства технологии изготовления единичных элементов
- Создание стеков из единичных элементов и сборка лабораторного макета
- Исследование процессов деградации ключевых элементов единичных ячеек
- Опытные испытания полноформатных единичных ячеек
- Опытные испытания стеков
- Исследование процессов деградации ключевых элементов стеков
- Разработка документации на электролизную установку
- Организация мелкосерийного производства на площадке индустриального партнера на основе разработанных технологий
- Изготовление стеков из материалов полученных на основе собственных разработок (включая материалы стеклогерметиков и интерконнекторов)
- Разработка установок под потребности заказчика
- Изготовление на площадке индустриальных партнеров



# Материалы и технологии для водородной и ядерной энергетики



приоритет2030<sup>+</sup>  
лидерами становятся

НИИ Водородной энергетики

2022

- Создание института
- Разработка ОП 22.04.01 «Материалы и технологии водородной энергетики»
- Создание журнала «Electrochemical materials and technology»

2023

- Прием обучающихся
- Подготовка новых помещений для организации НИР и осуществления проектной деятельности
- Запуск новых лабораторий
- Увеличение количества выпусков журнала до 6 шт.
- Привлечение иностранных специалистов для работы

2024

- Увеличение цифр прием до 30 человек.
- Подготовка совместной образовательной программы с индустриальным партнером
- Запуск испытательного центра для устройств ВЭ
- Осуществление испытаний материалов, в т.ч. по заказам сторонних организаций
- Включение журнала в международные базы цитирования

2026

- Реализация совместной образовательной программы
- Введение новых образовательных траекторий
- Расширение сфер применения и областей исследования создаваемых материалов, поиск новых партнеров
- Разработка и сертификация методов анализа высокочистых материалов

2030

- Увеличение контрольных цифр приема до 50 человек
- Функционирование НИИ в качестве экспертной организации по анализу всего перечня материалов для области твердооксидных электрохимических устройств
- Разработка документации на изготовление установок по требованиям конкретных заказчиков

# Проект решения:

- 1. Принять к сведению информацию по реализации Стратегического проекта-1 «Материалы и технологии для водородной и ядерной энергетики» за 2021-2022 годы.**
- 2. Признать результаты работы Стратегического проекта-1 «Материалы и технологии для водородной и ядерной энергетики» за 2021-2022 годы удовлетворительными.**
- 3. Одобрить дорожную карту и планы по развитию Стратегического проекта-1 «Материалы и технологии для водородной и ядерной энергетики» на 2023 и последующие годы.**

**Благодарю за внимание!**