

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской  
академии наук**

**(ИВТЭ УрО РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 17 Технологии материалов, металлургия**

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

#### **1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Разработка технологий». Организация преимущественно ориентирована на выполнение прикладных исследований и разработок, получение результатов, имеющих практическое применение. Характеризуется высоким уровнем создания охраноспособных результатов, при этом доходы от оказания научно-технических услуг и уровень публикационной активности незначителен. (2)

#### **2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

В настоящий момент в ИВТЭ УрО РАН существуют следующие научные структурные подразделения:

- Научно-исследовательский отдел электрохимии твердого тела в составе:
  - Лаборатория электрохимического материаловедения (создана 17.02.2014 г. на базе упраздненных лабораторий физико-химических методов исследования состава вещества, электрохимических материалов, теоретических исследований);
  - Лаборатория твердооксидных топливных элементов;
  - Лаборатория электрохимических устройств на твердооксидных электролитах (лаборатория создана 04.04.2014 г. с целью проведения работ по проекту «Разработка твердооксидных электрохимических ячеек с несущим и тонкослойным протонным электролитом для электрохимических устройств», поддержанному Правительством РФ в рамках Постановления от 09.04.2010 г. № 220 «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования, научные учреждения гос. академий наук и гос. научные центры РФ»);
- Научно-исследовательский отдел электролиза в составе:
  - Лаборатория электродных процессов;



057741

- Лаборатория радиохимии (научная группа при директоре по радиохимическим исследованиям создана 01.12.2015 г., переименована в лабораторию радиохимии 01.05.2016 г. в связи с планами решения проблемы создания пироэлектрохимической технологии переработки отработавшего ядерного топлива в рамках государственной программы «ПРО-РЫВ»);

- Лаборатория химических источников тока;
- Лаборатория расплавленных солей (создана 17.02.2014 г. на базе упраздненных лабораторий химических процессов в ионных расплавах и лаборатории межфазных явлений);
- Клинический научно-исследовательский центр медицинской радиологии (создан 01.02.2017 г).

Также с июля 2015 года существует совместная с Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» научная лаборатория «Пи-рохимические технологии и материалы замкнутого ядерного топливного цикла», выполняющая фундаментальные и прикладные научные исследования и инновации в областях разработки новых и модернизации существующих технологий и материалов ядерного топливного цикла.

Совместная научная лаборатория высокотемпературных устройств для распределительной электрохимической энергетики на базе лаборатории материалов и устройств для электрохимической энергетики, структурного подразделения ХТФ УрФУ, и лаборатории электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах, структурного подразделения ИВТЭ УрО РАН (Приказ №530/03/38 от 23.06.2016г.).

Совместная исследовательская лаборатория гальванотехники кафедры ТЭХП ГОУ ВПО УрФУ и ИВТЭ УрО РАН (создана на основании Договора от 25 февраля 2007 года).

### **3. Научно-исследовательская инфраструктура**

В институте имеется современная аналитическая база, составляющая Центр коллективного пользования «Состав вещества».

ЦКП «Состав вещества» осуществляет научно-методическое и приборное обеспечение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ, проводимых научными коллективами как ИВТЭ УрО РАН, так и организаций всего Уральского региона. Центр коллективного пользования «Состав вещества», проводит химический и элементный анализ, структурный и фазовый анализ, анализ и моделирование микроструктуры и исследования с использованием стабильных изотопов.

ЦКП «Состав вещества» входит в состав Испытательного центра веществ, материалов и продукции наноиндустрии при федеральном государственном унитарном предприятии «Уральский научно-исследовательский институт метрологии».

В ЦКП «Состав вещества» имеются следующие приборы:



1. Оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Thermo ScientificiCAP 6300 Duo;
2. Оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Perkin Elmer OPTIMA 4300 DV;
3. Квадрупольный масс-спектрометр MKS Instruments Microvision 2;
4. Рентгенофлуоресцентный волнодисперсионный спектрометр последовательного действия Shimadzu XRF-1800;
5. Автоматический рентгеновский дифрактометр Rigaku D/MAX-2200VL/PC;
6. Автоматический рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М;
7. Растровый электронный микроскоп-система микроанализа с беззотным энергодисперсионным детектором X-Act ADD + JSM-5900LV, оснащенный системой волнодисперсионного микроанализатора, шлюзовой камерой и устройством для подавления электромагнитных помех INCA Energy 250 и INCA Wave 500;
8. Растровый электронный микроскоп TESCAN MIRA 3 LMU с системой микроанализа INCA Energy 350 с энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-MAX 80 и с системой для исследования дифракции обратнорассеянных электронов INCA Synergy Premium с детектором Nordlys II F+ ;
9. Рамановский микроскоп-спектрометр Renishaw U 1000;
10. Прибор для измерения удельной поверхности дисперсных и пористых материалов МЕТА СОРБИ N 4.1;
11. Лазерный дифракционный анализатор Malvern Instruments Mastersizer 2000;
12. Прибор синхронного термического анализа Netzsch STA 449 F3 Jupiter;
13. Шлифовально-полировальный станок Allied Met Prep 4.

**4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Для демонстрации практических результатов научных исследований в Институте на постоянной основе действует созданная в 1998 году научно-техническая выставка. Современная оформленная экспозиция разработок института включает экспериментальные образцы изделий, материалов, покрытий, электрохимических устройств, созданных по тех-



нологиям, разработанным в ИВТЭ. Выставка регулярно пополняется новыми экспонатами, которые передаются сотрудниками лабораторий. В настоящее время представлено около ста экспонатов, многочисленные дипломы, грамоты и медали за вклад в развитие науки. На выставке также представлены информационно-рекламные материалы по актуальным научно-техническим разработкам, применимым для практического воплощения.

В течение года постоянно действующая выставка ИВТЭ активно используется для информационно-просветительных и рекламных целей, пропаганды достижений института, установления полезных деловых контактов, привлечения заинтересованных организаций к сотрудничеству. На выставке проводятся ознакомительные экскурсии для гостей Института, а также для студентов Уральского федерального университета в рамках учебной практики.

### **7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона**

С целью получения результатов, имеющих как фундаментальное научное значение, так и практическое применение в северных арктических регионах России, ИВТЭ УрО РАН выполнен проект фундаментальных исследований «АРКТИКА» по теме: «Разработка научных основ создания резервных электрохимических источников тока, работающих в условиях низких температур», 12-3-1-006-АРКТИКА, 2013-2014 гг.

Результаты проекта:

Исследованы разрядные характеристики катодного материала  $\text{CrCl}_3$  элемента РЭИТ. Разряды элементов проводили в гальваностатическом режиме на регулируемой пассивной нагрузке, в токовом интервале от 0,125 А/см<sup>2</sup> до 1,75 А/см<sup>2</sup>. Установлено, что исследуемый элемент работоспособен при температурах от 450 до 7000С. Оптимальная температура варьируется в интервале 500 0С – 600 0С, в зависимости от токового режима. Максимальный коэффициент использования катодного материала составляет 95% (при Т разряда = 550 0С, плотности тока 0,125 А/см<sup>2</sup>). Катодная поляризации элементов РЭИТ измерена коммутаторным методом в гальваностатическом режиме при температуре 550 0С и плотности тока от 0,125 А/см<sup>2</sup> до 0,5 А/см<sup>2</sup>. Измерения проводились в трёхэлектродной ячейке с использованием электрохимической рабочей станции Solartron Cell Test System 1400. Величину поляризации определяли по кривым отключения. Установлено, что в области стабилизации разрядных кривых катодная поляризации не превышает 5мВ. Процесс восстановления хлорида хрома (III) до металлического хрома протекает в две стадии: 1 – образование комплексных соединений  $\text{Li}_3\text{CrCl}_6\text{x}(\text{Br}_6(1-\text{x}))$ ; 2 – восстановления  $\text{Cr}^{3+}$  из расплавов  $\text{Li} \parallel \text{Cl}_2\text{F} - \text{Li}_3\text{CrCl}_6\text{x}(\text{Br}_6(1-\text{x}))$ .

Исследованы разрядные характеристики элементов РЭИТ, содержащих в качестве катода оксид никеля и его смеси с хлоридом никеля, в температурном интервале 450 0С - 700 0С, установлены оптимальные температуры разряда. Методами РФА и электронной микроскопией исследован состав и морфология катодных осадков. Показано, что при



разряде элемента происходит полное восстановление катодного материала до металлического никеля. Проведено измерение катодной поляризации в процессе электровосстановления катодных смесей NiO-NiCl<sub>2</sub> в загущенном электролите LiCl-LiBr-LiF при температуре 550 0С и плотности тока разряда от 0,125 А/см<sup>2</sup> до 0,5 А/см<sup>2</sup>. Установлено, что в данном токовом интервале поляризация слабо зависит от состава смеси. По мере разряда элемента катодная поляризация монотонно возрастает. Величина поляризации возрастает с плотностью тока разряда. Отработана технология изготовления катодных полуэлементов из катодных смесей NiO-NiCl<sub>2</sub> с оптимальным содержанием NiO – 80 вес.%.

Установлен оптимальный режим синтеза композита Li – В с содержанием бора не более 25%. Отработана технология получения композита Li – В с содержанием бора не более 25%.

Разработана конструкция батареи РЭИТ с требуемыми параметрами. Проведено изготовление и испытание при -60 0С батареи со следующими массогабаритными характеристиками: диаметр – 110 мм; высота – 110 мм; масса – 950 г. Проведенные испытания показали, что батарея РЭИТ при 200А работает в течение 6,5 мин. при этом напряжение находится в пределах 15,9 В -12,7 В при работе в течение 5 минут.

Отработана технология получения матричного электролита (расплав LiF-LiCl-LiBr + твердый электролит Li<sub>7</sub>La<sub>3</sub>Zr<sub>2</sub>O<sub>12</sub>) с содержанием расплава до 40 вес.%. Технологические свойства матричного электролита исследованы при температуре 550 0С в составе элемента РЭИТ. Установлено, что матричный электролит с содержанием расплава более 30 вес.% в процессе разряда элемента утрачивает иммобилизационные свойства.

В интересах Уральского региона выполнены следующие проекты:

Научно-исследовательская работа по гранту РФФИ: «Научные основы создания материалов со смешанной кислородной – электронной проводимостью с малым коэффициентом химического расширения», № 13-08-96020- р\_урал\_a, 2013-2015 гг.

Результаты проекта:

Экспериментально подтверждены представления о малости химического расширения майенита, - оно действительно минимум на полтора порядка меньше, чем для обычных материалов.

Проведены исследования майенита, легированного катионами магния, стронция и бария, индия, галлия методами дилатометрии, проводимости и кулонометрического титрования.

Проведен синтез твердых растворов меди и железа в майените, оценена область гомогенности.

Научно-исследовательская работа по гранту РФФИ: «Научные основы дизайна твердооксидного топливного элемента с пленочным церий-содержащим электролитом», № 13-03-96098 р\_урал\_a, 2013-2015 гг.

Результаты проекта:

Разработана технология формирования пленок электролитов толщиной от 1-2 до 100-120 мкм на несущем градиентном аноде и катоде методом каландрования, электрофореза



и шликерного литья. Исследована микроструктура и впервые получены вольтамперные, мощностные и поляризационные характеристики в зависимости от содержания воды в анодном канале полуэлементов с  $(\text{Sm}_{0.8}\text{Sr}_{0.2})_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_{2-\delta} + 1\text{масс.}\%\text{CoO}$  (SSDC) и  $\text{BaCe}_{0.89}\text{Gd}_{0.1}\text{Cu}_{0.01}\text{O}_{3-\delta}$  (BCGdCu) электролитами толщиной 35 мкм на несущем аноде. Переход от конструкции ТОТЭ с несущим электролитом к пленке приводит к увеличению мощности в 2,5-3 раза, максимальная мощность при 600 0С 125 мВт/см<sup>2</sup> получена для SSDC при содержании воды 5% и 38 мВт/см<sup>2</sup> для BCGdCu при содержании воды 10%.

Проект в рамках программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»: «Разработка технологии электролитического рафинирования вторичного свинецсодержащего сырья с получением товарной продукции», ГК № 16.525.12.5005 от 23.08 2011 г. Индустриальным партнером, заинтересованным в реализации разработок является ООО «УГМК», ОАО «Уралэлектромедь».

Срок действия: 2011-2013 гг.

### **8. Стратегическое развитие научной организации**

Большинство практических разработок и проектов ИВТЭ УрО РАН осуществляет при сотрудничестве с ведущими научными и производственными компаниями и исследовательскими центрами России, такими как:

- ~ ОК «РУСАЛ»,
- ~ ОАО «ГАЗПРОМ»,
- ~ ТК «ТВЭЛ» (РОСАТОМ),
- ~ ОКБ «Факел» (РОСКОСМОС),
- ~ НПО «Композит» (РОСКОСМОС),
- ~ «ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»,
- ~ ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академика Е. И. Забабахина»,
- ~ НИЦ «Курчатовский институт»,
- ~ ОАО «УЭХК»,
- ~ ОАО «ГНЦ НИИАР»,
- ~ ОАО «СвердНИИхиммаш»,
- ~ ОАО «Чепецкий механический завод»,
- ~ ОАО «Соликамский магниевый завод»,
- ~ ООО «УГМК»,
- ~ ОАО «Уралэлектромедь».

Среди иностранных организаций-партнёров ИВТЭ УрО РАН можно выделить LG Electronics Inc, неоднократно выступающую в качестве Заказчика НИР и НИОКР выполняемых Институтом. Институт имеет устоявшиеся научные связи с ведущими международными университетами и исследовательскими центрами: Ариельский университетский центр (Израиль); Университет химической технологии и металлургии (София, Болгария);



Аргонская национальная лаборатория (США); Даляньский морской университет (Китай); Пекинский технологический университет (Китай); Университет Фессалии (Греция); Исследовательский центр Юлиха (Германия).

На сегодняшний день ИВТЭ УрО РАН заключен ряд соглашений о сотрудничестве:

1. Соглашение о сотрудничестве между Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук и ООО «Новые материалы» Силаньтэ в г. Чанчунь.;

2. Трехстороннее соглашение о сотрудничестве между Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Уральский государственный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» и Даляньским морским университетом (г. Далянь, КНР). Дата вступления в силу 10.10.2014 г.

3. Соглашение о научном сотрудничестве между Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Уральский государственный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук и Учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» от 07.07.2015 г.

4. Трехстороннее соглашение о сотрудничестве в области подготовки студентов, кадров высшей квалификации-аспирантов, обмене аспирантами, преподавательскими и научными кадрами, информацией между Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Уральский государственный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук и Учреждением образования «Белорусский государственный технологический университет» от 07.07.2015 г.

5. Соглашение о сотрудничестве между Пекинским химико-технологическим университетом и Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук от 15.11.2016 г.

С 20.05.2014 в ИВТЭ УрО РАН работает Панайотис Циакарас, Профессор Университета Фессалии (Греция).

Панайотис Циакарас является научным руководителем лаборатории электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах, созданной в рамках Мегагранта Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования (Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 220 «О мерах по привлечению ведущих учёных в рос-



сийские образовательные учреждения высшего профессионального образования»), договор № 14.Z50.31.0001.

П. Циакарас является соавтором более чем 170 научных работ, 30% из которых были опубликованы за последние пять лет. Согласно базе цитирования SCOPUS, его работы процитированы более 3900 раз, его индекс Хирша составляет 33.

## **Интеграция в мировое научное сообщество**

### **9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**

В рамках научно-технического и инновационного развития Европейского Союза «Горизонт 2020» (начало реализации от 1 января 2014 года) объединены 3 программы Европейского Союза:

1. Программа исследований и технологического развития (FP7);
2. Программа конкурентоспособности и инноваций;
3. Европейский институт инноваций и технологий.

ИВТЭ УрО РАН вошёл в перечень организаций-участников, как участник FP7.

Направления сотрудничества – реализация совместных проектов:

- создание и повышение общей производительности устройств на твердых электролитах оксида;
- разработка и исследование кинетики электродных процессов в твердооксидных электрохимических устройствах методами изотопного обмена *in situ* и электрохимического импеданса.

Институт сотрудничает с:

- Научно-исследовательским центром г. Юлиха (Германия);
- Королевским колледжем г. Лондона (Великобритания);
- SOFC Power (Италия);
- HEXIS (Швейцария),
- DTU;
- Техническим университетом –Твенте (Голландия);
- Университетом Фессалии, Волос, Греция;
- Институтом химического машиностроения и высокотемпературных химических процессов, Патрас, Греция.

Основные направления деятельности ИВТЭ УрО РАН в рамках программы:

- «Разработка новых мембранных материалов с протонной проводимостью и высокоэффективных электрокатализаторов для мембранно-электродного узла»;
- «Основы электрохимического синтеза новых электродных материалов на основе кремния».





**10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

В 2013 году выполнялись работы по проекту, выполняемому в рамках 7РП Европейского Союза, Грантовое соглашение № 256885 «Твердооксидные топливные элементы – Интегрирование эффектов деградации в модельное прогнозирование долговечности» (Solid Oxide Fuel Cells – Integrating Degradation Effects into Lifetime Prediction Models. SOFC-Life).

Организация – заказчик: Исследовательский центр г. Юлиха (Германия)

Сроки исполнения: 01.01.2011 – 01.01.2014

Значение разработки, цель внедрения: исследование деградации ТОТЭ в рабочем режиме.

## **НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований**

**12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год**

Направление исследований - 44. Фундаментальные основы химии

Результат 1: Влияние взаимодействия протонов с акцепторными примесями, кислородными вакансиями и между собой на коэффициенты переноса протонов в акцепторно-допированных протонпроводящих оксидах.

Теоретически исследовано влияние взаимодействия протонов с дефектами (акцепторными примесями, кислородными вакансиями) и между собой на перенос протонов в акцепторно-допированных протонпроводящих оксидах  $A_{1-x}B_xV_1-xR_{1+x}O_{3-x}$  со структурой перовскита и оксидах  $A_{1-x}B_xV_2-xR_{1+x}O_{3-x}$  со структурой искаженного флюорита (bixbyite). Методом Монте-Карло и аналитически рассчитаны коэффициент диффузии меченой частицы  $D^*$  и подвижность протонов. Показано, что взаимодействие с дефектами существенно влияет на величину и поведение коэффициентов переноса. В частности подвижность протонов значительно уменьшается уже при малом содержании акцепторной примеси  $x \sim 1-3\%$ , а эффективные энергии активации коэффициентов переноса существенно зависят от температуры и содержания допанта. С ростом температуры вид проводимости  $\sigma(x)$  может меняться: монотонно возрастающая зависимость  $\sigma(x)$  может преобразовываться в зависимость с максимумом. Для оксидов с bixbyite структурой, содержащей неэквивалент-



ные позиции катионов, вид  $\sigma(x)$  существенно зависит от распределения допанта по этим позициям. Полученные результаты позволили впервые интерпретировать экспериментальные данные по протонной проводимости для ряда оксидов. Установленные закономерности существенны как для понимания, так и для прогнозирования свойств протонпроводящих материалов.

Результат 2: Способ получения нановискерных структур оксидных вольфрамовых бронз на угольном материале

Определены условия электролиза и показана возможность получения нанокристаллических образцов гексагональной структуры на угольном материале. Осадок ОВБ состоит из вискеронанометровой толщины. Толщина вискеров лежит в интервале 30-150 нм, а длина достигает 5000 нм. Полученные образцы были испытаны на катализную активность в ИОС УрО РАН. Установлена их высокая активность в каталитическом разложении пероксида водорода. Использование в качестве носителя угольного материала, обладающего высокими электропроводностью и удельной поверхностью, позволит создать новый полифункциональный катализатор, содержащий нанокристаллические ОВБ с окислительно-восстановительными свойствами и обладающий дополнительно кислородными кислотными центрами.

Результат важен для создания новых каталитических систем для органического и нефтехимического синтеза.

Результат 3: Новые композитные материалы на основе алюминия или свинца, содержащие до 5 мас.% углерода

Разработан новый, не имеющий аналогов метод создания композитных материалов на основе алюминия или свинца, содержащих до 5 мас.% углерода, равномерно распределенного в металлической матрице. В зависимости от условий синтеза установлено образование микрокристаллов (от 100 нм до 100 мкм) углерода кубической формы или пленок толщиной 1-3 монослоя внутри металлической капли при атмосферном давлении. Новый алюминий-углеродный композитный материал имеет твердость по Виккерсу в 3.5 раза выше, чем у чистого алюминия, а также более высокие значения модуля Юнга (на ~ 45%) и предела текучести (на ~ 52%) при одновременном увеличении предельного относительного удлинения при растяжении в два раза.

Опубликованные научные результаты по научному направлению:

1. Medvedev D., Murashkina A., Pikalova E., Demin A., Podias A., Tsiakaras P. BaCeO<sub>3</sub>: materials development, properties and application // Progress in Materials Science. 2014, V. 60, p. 72–129.

Импакт-фактор журнала: 27.417

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of

Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.pmatsci.2013.08.001



2. Kataev A., Tkacheva O., Redkin A., Rudenko A., Dedyukhin A., Zaikov Yu. The Behavior of  $\text{KBF}_4$  in Potassium-Cryolite-Based Melts. – Journal of the Electrochemical Society. 2015. Vol. 162, № 4. P. H283-H286.

Импакт-фактор журнала: 2.76

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1149/2.0881504jes

3. Salyulev A., Potapov A., Shishkin V., Khokhlov V. Electrical conductivity of quasi-binary  $(\text{LiCl-KCl})_{\text{eut.}} - \text{CdCl}_2$  melts. – Electrochimica Acta. 2015. Vol. 182. P. 821–826.

Импакт-фактор журнала: 4.504

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.electacta.2015.09.152

4. Medvedev D., Lyagaeva J., Plaksin S., Demin A., Tsiakaras P. Sulfur and carbon tolerance of  $\text{BaCeO}_3\text{--BaZrO}_3$  proton-conducting materials. - Journal of Power Sources. 2015. Vol. 273. P. 716-723.

Импакт-фактор журнала: 6.217

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.jpowsour.2014.09.116

5. Raskovalov A.A., Il'ina E.A., Antonov B.D. Structure and transport properties of  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{--}0.75\text{xAlxO}_{12}$  superionic solid electrolytes - J.Power Sources. 2013. V. 238. P.48-52

Импакт-фактор журнала: 4,675

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.jpowsour.2013.03.049

Направление исследований - 46. Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов «зеленой химии» и высокоэффективных каталитических систем; создание новых ресурсо- и энергосберегающих металлургических и химико-технологических процессов, включая углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами

Результат 1: Электрохимическое получение сплошных слоев кремния в расплавленной смеси галогенидов щелочных металлов

Исследование относится к области металлургии неметаллов, к производству электролитического кремния в виде сплошных слоев толщиной от 1 мкм до 1 мм, которые могут найти применение в полупроводниковой технике, для производства «солнечных батарей»



и т.д. Электрохимический способ получения сплошных слоев кремния путем электролиза гексафторсиликата калия в расплавах галогенидных солей, содержащих соединения кремния, заключается в том, что процесс электролиза ведут в расплаве –  $\text{KCl}$  (15÷50) –  $\text{KF}$  (5÷50) – (10÷35)  $\text{K}_2\text{SiF}_6$  мас. % в интервале температур от 650 до 800°C, при варьировании катодной плотности тока от 10 мА/см<sup>2</sup> до 150 мА/см<sup>2</sup> в атмосфере воздуха. Использование атмосферы воздуха значительно облегчает и удешевляет процесс получения сплошных осадков кремния из расплавов солей. Открываются перспективы для получения готовых элементов солнечных батарей методом гальванопластики, что позволяет исключить ряд технологических переделов используемых в промышленности для их изготовления в настоящее время.

Результат 2: Перспективные жидкие биметаллические катодные материалы на основе сплавов галлия с индием и алюминием для электрохимической регенерации отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в хлоридных расплавах

С целью разработки пироэлектрохимической технологии регенерации отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) на примере урана и лантана (неодима), растворенных в легкоплавких биметаллических сплавах галлия с индием и алюминием, изучены их электроэкстрактивные свойства в зависимости от температуры и состава жидкометаллического катода и определены коэффициенты разделения урана и лантана (неодима) при электролитическом восстановлении в базовом электролите-растворителе (расплавленной эвтектической смеси хлоридов лития и калия). Найдено, что коэффициенты разделения пары  $\text{U/La}$  в зависимости от обратной температуры и состава биметаллического сплава  $\text{Ga-In}$  описываются уравнением и представлены на рисунке в 3D формате.

Коэффициенты разделения пар  $\text{U/La}$  и  $\text{U/Nd}$  в сплавах  $\text{Ga-In}$  ( $\text{Ga-Al}$ ) эвтектического состава равны  $2,57 \cdot 10^5$  и  $1,24 \cdot 10^5$  ( $2,19 \cdot 10^5$  и  $2,29 \cdot 10^5$ ) при 723К соответственно. Их значения свидетельствуют о том, что в процессе переработки ОЯТ актиниды будут концентрироваться в металлической фазе, а лантаниды будут оставаться в расплавленном электролите.

Результат 3: Научные основы новой технологии получения алюминия электролизом электролитов на основе калиевого электролита

Изучены физико-химические свойства низкоплавких электролитов на основе калиевого криолита. Предложены составы, перспективные для низкотемпературного электролиза. Определены основные параметры и условия проведения процесса электролиза в ячейках с токовой нагрузкой 20 и 100 А с вертикально расположенным инертными металлическими анодами и смачивающимся катодами. Проведен анализ особенностей низкотемпературного электролиза и установлены причины основных нарушений устойчивого режима электролиза. Разработана конструкция энергоэффективного электролизёра с токовой нагрузкой 1000 А в котором успешно проведено получение алюминия электролизом электролита  $\text{KF-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$  при температуре 750 0С.

Опубликованные научные результаты по научному направлению:



1. Krotov V.Ye., Filatov Ye.S. Anomalous influence of electrochemically inert  $ZrCl_4$  on  $UO_2$  current efficiency during electrolysis in (NaCl-KCl) equim-  $UO_2Cl_2$ - $ZrCl_4$  melt // *Electrochimica Acta*, 2014, V. 145, pp. 254-258.

Импакт-фактор журнала: 4.086

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.electacta.2014.08.013

2. Khramov A.P., Kovrov V.A., Zaikov Yu.P., Chumarev V.M. Anodic behaviour of the  $Cu_8 2Al_8 Ni_5 Fe_5$  alloy in low-temperature aluminium electrolysis -*Corrosion Science*. 2013, vol.70, pp.194–202.

Импакт-фактор журнала: 4.11

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.corsci.2013.01.029

3. Smolenski V., Novoselova A., Osipenko A., Kormilitsyn M., Luk'yanova Ya. Thermodynamics of separation of uranium from neodymium between the gallium-indium liquid alloy and the LiCl-KCl molten salt phases // *Electrochimica Acta*, 2014, V. 133, p. 354-358.

Импакт-фактор журнала: 4.086

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.electacta.2014.04.042

4. Kataev A., Tkacheva O., Redkin A., Rudenko A., Dedyukhin A., Zaikov Yu. The Behavior of  $KBF_4$  in Potassium-Cryolite-Based Melts.–*Journal of the Electrochemical Society*. 2015. Vol. 162, № 4. P. H283-H286.

Импакт-фактор журнала: 3.266

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1149/2.0881504jes

5. Zaykov Yu.P., Isakov A.V., Zakiryanova I.D., Reznitskikh O.G., Chemezov O.V. and Redkin.A.A. Interaction between  $SiO_2$  and a  $KF$ - $KCl$ - $K_2SiF_6$  Melt // *Journal of Physical Chemistry B*. - 2014, V.118, p.1584-1588.

Импакт-фактор журнала: 3.377

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1021/jp4086816

Направление исследований - 47. Химические проблемы получения и преобразования энергии, фундаментальные исследования в области использования альтернативных и возобновляемых источников энергии



Результат 1: Катод на основе никелита лантана-кальция для твердооксидных топливных элементов

Изучены свойства однослойных катодов на основе никелита лантана  $\text{La}_{1.7}\text{Ca}_{0.3}\text{NiO}_{4+\delta}$  (LCNO) и двухслойных электродов с функциональным слоем этого же состава и коллекторным слоем из никелато-феррита лантана  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$  (LNF). Показано, что путем введения небольшого количества оксида меди в функциональный и коллекторный слои можно снизить температуру формирования электродов без ухудшения их адгезии к электролиту с 1300 до 1000-11500С. Использование коллекторного слоя снижает слоевое сопротивление с 5,8 до 0,9 Ом для электродов из LCNO+2 мас.% CuO и LCNO+2 мас.% CuO–LNF+2 мас.%CuO. При 8500С поляризационное сопротивление разработанных электродов составляет 0,2-0,4 Ом·см<sup>2</sup>. Испытания в течение 300 ч при 850 0С, продемонстрировали стабильность поведения поляризационного сопротивления медьсодержащих электродов во времени.

Результат 2: Единичный топливный элемент с несущим двухслойным анодом

Достижением является создание единичного топливного элемента с высокоэффективным несущим анодом и тонкослойным электролитом. Композитный материал 61 мас.% NiO + 39 мас.% Zr<sub>0.84</sub>Y<sub>0.16</sub>O<sub>1.92</sub>, обладающий после восстановления низким омическим сопротивлением (< 1 мОм·см) и пористостью около 53%, служил несущей основой единичного топливного элемента. В качестве функционального слоя анода использовался порошок состава 56 мас.% NiO + 44 мас.% Zr<sub>0.83</sub>Sc<sub>0.16</sub>Ce<sub>0.01</sub>O<sub>1.92</sub>. Синтез композитов проводился методом сжигания растворов. Электролитическая мембрана из Zr<sub>0.84</sub>Sc<sub>0.16</sub>O<sub>1.92</sub> толщиной 35 мкм формировалась на функциональном анодном слое. В качестве катода использовалась мелкодисперсная платина. В качестве топлива использовался увлажненный водород, в качестве окислителя – воздух. При 9000С исходный элемент генерировал максимальную электрическую мощность 0,35 Вт см<sup>-2</sup>. После импрегнирования электродов электрокаталитическими оксидами редкоземельных металлов мощностные показатели элемента значительно выросли и составили при 7000С 1,3 Вт см<sup>-2</sup> вблизи максимума зависимости мощность-ток, а при 900 0С – около 2 Вт см<sup>-2</sup> при напряжении на элементе 0,75 В.

Результат 3: Твердооксидный топливный элемент

По заказу ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург» на базе научных разработок и при научно-техническом сопровождении ИВТЭ УрО РАН в ООО «Завод электрохимических преобразователей» (г. Новоуральск) был разработан и изготовлен экспериментальный образец автономной энергоустановки для электропитания станций катодной защиты магистральных газопроводов.

Энергоустановка востребована во многих отраслях народного хозяйства и специальных приложениях. 21 августа 2013 года энергоустановка была продемонстрирована на выставке «День инноваций Министерства обороны РФ» в г. Москве, где была отмечена за заслуги в области развития и внедрения инновационных технологий.

Опубликованные научные результаты по научному направлению:



1. Medvedev D., Maragou V., Pikalova E., Demin A., Tsiakaras P. Novel composite solid state electrolytes on the base of BaCeO<sub>3</sub> and CeO<sub>2</sub> for intermediate temperature electrochemical devices - Journal of Power Sources. 2013. V. 221. P. 217–227.

Импакт-фактор журнала: 4.675

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.jpowsour.2012.07.120

2. Yolshina L.A., Yolshina V.A., Yolshin A.N., Plaksin S.V. Novel lead-graphene and lead-graphite metallic composite materials for possible applications as positive electrode grid in lead-acid battery. - Journal of Power Sources. 2015. Vol. 278. P. 87-97.

Импакт-фактор журнала: 6,333

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.jpowsour.2014.12.036

3. Medvedev D., Pikalova E., Demin A., Podias A, Korzun I., Antonov B., Tsiakaras P. Structural thermomechanical and electrical properties of new (1 – x)Ce<sub>0.8</sub>Nd<sub>0.2</sub>O<sub>2–δ</sub>–xBaCe<sub>0.8</sub>Nd<sub>0.2</sub>O<sub>3–δ</sub> composites // Journal of Power Sources. Volume 267, 1 December 2014, Pages 269–279.

Импакт-фактор журнала: 5.211

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.jpowsour.2014.05.070

4. Kalyakin A., Fadeyev G., Demin A., Gorbova E., Brouzgou A., Volkov A., Tsiakaras P. Application of solid oxide proton-conducting electrolytes for amperometric analysis of hydrogen in H<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O gas mixtures // Electrochimica Acta, 2014, V. 141, p. 120-125.

Импакт-фактор журнала: 4.086

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.electacta.2014.06.146

5. Mitri S., Medvedev D., Kontou S., Gorbova E., Demin A., Tsiakaras P. Polarization study of Fe|BaCe<sub>0.5</sub>Zr<sub>0.3</sub>Y<sub>0.08</sub>Yb<sub>0.08</sub>Cu<sub>0.04</sub>O<sub>3–δ</sub>|Fe electrochemical cells in wet H<sub>2</sub> atmosphere. - International Journal of Hydrogen Energy. 2015. Vol. 40, № 42. P. 14609–14615.

Импакт-фактор журнала: 3.313

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.05.020



**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год**

Публикации:

1. Medvedev D., Murashkina A., Pikalova E., Demin A., Podias A., Tsiakaras P. BaCeO<sub>3</sub>: materials development, properties and application // Progress in Materials Science. 2014, V. 60, p. 72–129.

Импакт-фактор журнала: 27.417

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.pmatsci.2013.08.001

2. Redkin A.A., Zaikov Yu.P., Korzun I.V., Reznitskikh O.G., Yaroslavtseva T.V., Kumkov S.I. Heat Capacity of Molten Halides. – Journal of Physical Chemistry B. 2015. Vol. 119, № 2. P.509-512.

Импакт-фактор журнала: 3,187

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1021/jp509932e

3. Ananyev M.V., Bronin D.I., Osinkin D.A., Eremin V.A., Steinberger-Wilckens R., de Haart L.G.J., Mertens J. Characterization of Ni-cermet degradation phenomena. I. Long term resistivity monitoring, image processing and X-ray fluorescence analysis. - Journal of Power Sources. 2015. Vol. 286. P. 414-426.

Импакт-фактор журнала: 6,333

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.jpowsour.2015.03.168

4. Yolshina L.A., Yolshina V.A., Yolshin A.N., Plaksin S.V. Novel lead-graphene and lead-graphite metallic composite materials for possible applications as positive electrode grid in lead-acid battery. - Journal of Power Sources. 2015. Vol. 278. P. 87-97.

Импакт-фактор журнала: 6,333

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.jpowsour.2014.12.036





5. Fadeyev G., Kalyakin A., Gorbova E., Brouzgou A., Demin A., Volkov A., Tsiakaras P. A simple and low-cost amperometric sensor for measuring H<sub>2</sub>, CO, and CH<sub>4</sub>.-Sensors and Actuators B: Chemical. 2015. Vol. 221. P. 879–883.

Импакт-фактор журнала: 4,758

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.snb.2015.07.034

6. Osinkin D.A., Bogdanovich N.M., Beresnev S.M., Zhuravlev V.D. High-performance anode-supported solid oxide fuel cell with impregnated electrodes.–Journal of Power Sources. 2015. Vol. 288. P. 20-25.

Импакт-фактор журнала: 6,333

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.jpowsour.2015.04.098

7. Lagaeva J., Medvedev D., Demin A., Tsiakaras P. Insights on thermal and transport features of BaCe<sub>0.8-x</sub>Zr<sub>x</sub>Y<sub>0.2</sub>O<sub>3-δ</sub> proton-conducting materials. - Journal of Power Sources. 2015. Vol. 278. P. 436–444.

Импакт-фактор журнала: 6.217

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.jpowsour.2014.12.024

8. Novoselova A., Smolenski V. Electrochemical behavior of neodymium compounds in molten chlorides -Electrochimica Acta, 2013, Vol. 87, P. 657-662.

Импакт-фактор журнала: 4.08

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.electacta.2012.09.064

9. Smolenski V., Novoselova A., Osipenko A., Maershin A. Thermodynamics and separation factor of uranium from lanthanum in liquid eutectic gallium-indium alloy/molten salt system // Electrochimica Acta, 2014, V. 145, pp. 81-85.

Импакт-фактор журнала: 4.89

Индексируется в информационно-аналитических системах цитирования: РИНЦ, Web of Science, Scopus.

DOI 10.1016/j.electacta.2014.08.081

Монографии:

1. Зайков Ю.П., Шуров Н.И., Суздальцев А.В.

Высокотемпературная электрохимия кальция. Екатеринбург, РИО УрО РАН, тираж 400 экз., ус. Печ. л. 12.5, 2013, -200 с.



**15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

Мегагрант в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 220

Тема: «Разработка твердо-оксидных электрохимических ячеек с несущим и тонкослойным протонным электролитом для электрохимических устройств»

Заказчик: Министерство образования и науки

Финансирование за весь срок проекта – 78 600 тыс. руб.

2. Проект РФФИ: «Новые возможности метода изотопного обмена в условиях поляризации для исследования электродных процессов в твердооксидных электрохимических устройствах»

№ 14-29-04009 офи\_м, 2014-2016 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 5 800 тыс. руб.

3. Проект РФФИ: «Закономерности влияния дефектной структуры на кинетику обмена, диффузию кислорода и электрохимическую активность оксидов с перовскитоподобной структурой и композиционных материалов на их основе»

№ 13-03-00519а, 2013-2015 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 1 539, 2 тыс. руб.

4. Проект РФФИ: «Исследование механизма электрокристаллизации кремния в галогенидных расплавах»

№ 13-03-12235 офи\_м, 2013-2015 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 7 700 тыс. руб.

5. Проект РФФИ: «Разработка фундаментальных основ наноструктурированных гетеросистем «пленочный электролит/пористый электрод» для средне- и низкотемпературных протонных ТОТЭ»

№ 14-29-04013 офи-м, 2014-2016 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 5 800 тыс. руб.

6. Проект РФФИ: «Ионные расплавы как среды для управления реакционной способностью оксидных материалов»

№ 15-03-00368а, 2015-2017 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 1 490 тыс. руб.

7. Проект РФФИ: «Деградационные явления в никель-керметных анодах твердооксидных топливных элементов»

№ 13-08-00363 а, 2013-2015 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 1 400 тыс. руб.

8. Проект РФФИ: «Исследование анодного процесса при электролизе алюминий-содержащего фторидно-оксидного расплава»



№13-03-00829 а , 2013-2015 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 1 124, 2 тыс. руб.

9. Проект РФФИ: «Компьютерное изучение адсорбции и десорбции тяжелых металлов на графене»

№13-08-00273 а, 2013-2015 гг.

Финансирование за 2015 год – 622, 5 тыс. руб.

10. Проект РФФИ: «Химическое равновесие в неидеальных системах: Анализ с помощью модельных парных потенциалов»

№ 15-03-01588-а, 2015-2017 гг.

Финансирование за весь срок проекта – 1 350 тыс. руб.

Сумма средств, поступивших по грантам ИВТЭ УрО РАН за 2013-2015 годы: 100 448 039 рублей.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**

**17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

В период с 2013 по 2015 годы ИВТЭ УрО РАН приняло участие в 16 проектах, реализованных в рамках ФЦП.

Программа: Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы

1. Проект: Разработка технологии электролитического рафинирования вторичного свинецсодержащего сырья с получением товарной продукции.

ГК № 16.525.12.5005 от 23.08 2011 г.

Срок действия: 2011-2013 гг.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 87 000, 00+ Внебюджетные средства – 80 320, 00



2. Проект: Разработка оксидно-металлического композита, предназначенного для применения в качестве материала анода при электролитическом получении алюминия.

ГК 14.515.11.0017 от 14.03.2013 г.

Срок действия: 2013 г.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 5 000,00 + Внебюджетные средства – 5 000, 00

3. Проект: Разработка научных основ получения электролитических нановолокон кремния для композиционного анода тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов высокой емкости.

ГК 14.516.11.0100 от 14.10.2013 г.

Срок действия: 2013 г.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 2 100, 00 + Внебюджетные средства – 525, 00

4. Проект: Разработка автономной энергоустановки киловаттного класса на основе твердооксидных топливных элементов.

ГК 14.516.11.0108 от 14.10.2013 г.

Срок действия: 2013 г.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 2 400, 00 + Внебюджетные средства – 600, 00

Программа: Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы

5. Проект: Разработка научных основ создания литий-ионного аккумулятора на основе новых отечественных электродных функциональных материалов

ИВТЭ УрО РАН - соисполнитель

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Сумма по договору 2 333, 7 тыс. руб.

6. Проект: Разработка научно-технических решений пироэлектрохимической переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в замкнутом топливном цикле (ЗЯТЦ) ядерных энергетических установок с использованием расплавленных солей»

Соглашение о предоставлении субсидии

№ 14.607.21.0084 от 31.10.2014 г.

Срок действия: 2014-2016 гг.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 68 000, 00 + Внебюджетные средства – 47 000, 00



7. Проект: Разработка энергосберегающего способа получения алюминия, содержащего бор или скандий с использованием расплавленных солей

Соглашение о предоставлении субсидии

№ 14.607.21.0042 от 21.08.2014 г.

Срок действия: 2014-2016 гг.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 76 850, 00 + Внебюджетные средства – 53 000, 00

8. Проект: Разработка нового токоподводящего анодного узла электролизёра Содерберга ОАО «РУСАЛ Красноярск»

Соглашение о предоставлении субсидии

№ 14.607.21.0035 от 5.06.2014 г.

Срок действия: 2014-2016 гг.

Заказчик: Министерство образования и науки Российской Федерации

Объем средств (тыс. руб) за всё время осуществления проекта:

Субсидия – 17 062, 00 + Внебюджетные средства – 17 650, 00

9. Проект: Разработка технологии изготовления заготовок камеры сгорания и высоко-температурного катализатора для термokatалитического двигателя малой тяги на «зеленом топливе»

ИВТЭ УрО РАН - соисполнитель

Заказчик: Федеральное космическое агентство

Сумма по договору – 11 000, 00 тыс. руб

10. Проект: Разработка действующего макета ТХИТ с временем работы 3600с

ИВТЭ УрО РАН - соисполнитель

Сумма по договору – 2 000, 00 тыс. руб

## **Внедренческий потенциал научной организации**

### **18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

Успешно функционирующий ЦКП «Состав вещества» обеспечивает аналитическую поддержку исследований, отвечающую мировому уровню. ЦКП обладает парком современного исследовательского оборудования, обеспечивая исследования в интересах многих организаций Уральского региона.

В июле 2014 г. для успешной коммерциализации своих разработок ИВТЭ УрО РАН стал соучредителем Общества с ограниченной ответственностью «ЭлектроХимГенерация». Основным видом деятельности общества является производство химических источников тока (аккумуляторов, первичных элементов и батарей из них).

На базе ИВТЭ УрО РАН организован участок полупромышленных испытаний, где в приближенных к промышленным, укрупненных лабораторных масштабах реализуются



перспективные для внедрения разработки института. В частности, в 2014 г. создавались макеты тепловых источников тока с рекордными энергетическими характеристиками, функционировал участок для создания функциональной и конструкционной керамики. В результате государственно-частного партнёрства совместно в ОК «РУСАЛ» на базе лаборатории электродных процессов создан крупнолабораторный участок для исследования технологий получения новых сплавов легких металлов.

В 2014 г. по заказу ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург» на базе научных разработок и при научно-техническом сопровождении ИВТЭ УрО РАН в ООО «Завод электрохимических преобразователей» (ГК РОСАТОМ, г. Новоуральск) был разработан и изготовлен экспериментальный образец автономной энергоустановки на базе твердооксидных топливных элементов для электропитания станций катодной защиты магистральных газопроводов (АИТ-ТОТЭ-1500). Образец проходит испытания в специальном блок-боксе в условиях реального уральского климата. Рассматривается возможность и пользования энергоустановки в проектах «Сила Сибири» и «Сила Сибири-2» ОАО ГАЗПРОМ.

#### **19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

##### **1. Твердооксидный топливный элемент**

Имеется патент РФ № 2474929 «Электрохимический генератор на твердооксидных топливных элементах» (заявка № 2011130937, приоритет изобретения 25.07.2011), зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 10.02.2013.

По заказу ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург» на базе научных разработок и при научно-техническом сопровождении ИВТЭ УрО РАН в ООО «Завод электрохимических преобразователей» (г. Новоуральск) и ЗАО «УРАЛИНТЕХ» был разработан и изготовлен экспериментальный образец автономной энергоустановки для электропитания станций катодной защиты магистральных газопроводов. ЭХГ-ТОТЭ-1500 прошел успешные заводские испытания и демонстрацию в рамках конференции «Применение инновационных систем защиты от коррозии в сложных условиях эксплуатации объектов ЛЧМГ ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург».

Области применения:

Автономные источники тока для энергоснабжения станций катодной защиты нефте- и газопроводов, в военной и космической промышленности, для энергоснабжения жилых строений, ферм, спец-объектов и др. ТОТЭ могут работать на различных видах природного, искусственного и техногенного топлива.

Потенциальные потребители:

Разработчики катодной защиты нефте- и газопроводов; организации, занимающиеся автономными электрогенераторами малой и средней мощности; организации – разработчики автономных систем жизнеобеспечения.



Применение данных установок в качестве автономных источников тока для питания систем электрохимической защиты подземных сооружений нефте- и газопроводов. В дальнейшем применение в качестве резервных или постоянных источников электроэнергии и тепла на объектах военного и гражданского назначения, таких как командные пункты, РЛС, ретрансляционные пункты операторов сотовой связи, жилые и нежилые объекты в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока.

Бизнес-партнер ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург»

#### 2. Биполярный электролизер для рафинирования черного свинца

Патент на изобретение № 2415202 «Биполярный электролизер для рафинирования черного свинца», заявка № 2010111311, приоритет изобретения 24.03.2010, зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 27.03.2011.

Проведены успешные полупромышленные испытания биполярного электролизера с токовой нагрузкой 500 и 1000 А. Получены опытные партии свинца марки С1 по ГОСТ 3778-98 (содержание свинца не менее 99,985 мас.%) и свинцовых лигатур: свинец-сурьма и свинец-висмут. Разработанная конструкция электролизёра позволяет в одну технологическую операцию получать чистый металл, по контролируемым примесям соответствующий мировым стандартам. Организация процесса исключает накопление шлаков и образование газообразных и пылевидных отходов. Предлагаемая конструкция может быть использована для проектирования аппаратов многотоннажного производства.

Бизнес-партнер ОАО «Уралэлектромедь», п. Верх-Нейвинский Свердловской области.

#### 3. Водородное охрупчивание оболочек твэлов

Применение предлагаемого способа в технологии переработки отработавшего ядерного топлива реакторных установок типа ВВЭР позволит значительно упростить процесс удаления оболочек твэлов, снизить энергоёмкость и материалоемкость головного передела, повысить производительность и технологичность переработки радиоактивных отходов.

Завершены предварительные испытания. Способ успешно опробован на опытном стенде ОАО «СвердНИИхиммаш» (г. Екатеринбург) на полномасштабных макетах ТВС.

Области возможного использования:

Предприятия Росатома, занимающиеся переработкой отработавшего ядерного топлива.

Бизнес-партнер ОАО «СвердНИИхиммаш».

#### 4. Способ получения лигатур на основе алюминия

Разработка энергосберегающего способа получения алюминия, содержащего бор или скандий с использованием расплавленных солей.

Разработаны основы технологии получения базового сплава Al-Sc с содержанием Sc от 0,2 до 0,4 мас.%.  
Бизнес-партнер ООО «РУСАЛ ИТЦ»

**ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**



## Экспертная деятельность научных организаций

### 20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Информация не предоставлена

### Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

#### 21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

1. Договор на выполнение НИР №8807-11 от 05.04.2011г.

Доп.соглашение от 09.04.2013г.

Организация – заказчик: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Содержание работ: Разработка модификаций катодных материалов для снижения внутреннего сопротивления тепловых химических источников тока

2. Договор на выполнение НИР №26.01.12 от 02.02.2012г.

Организация – заказчик: ООО «Обнинский Центр Науки и Технологий»

Содержание работ: Проведение исследований в обоснование чувствительных элементов датчиков кислорода и водорода

3. Договор на выполнение НИР №04/2013 от 05.02.2013г.

Организация – заказчик: ЗАО «НИИХИТ-2»

Содержание работ: Определение удельной энергоемкости литий-борного композита. Изготовление 3 составов литий-борного композита

4. Договор на выполнение НИР б/№ от 07.10.2013г.

Организация – заказчик: ОАО «ЧМЗ», г. Глазов

Содержание работ: Исследование и анализ результатов комплексных испытаний по технологии приготовления солевого расплава хлоридов для ректификационной колонны установки разделения хлоридов циркония и гафния

5. Договор на выполнение НИР №20/2013 от 25.10.2013г.

Организация – заказчик: ОАО «Сибирский химический комбинат»

Содержание работ: Исследование процесса очистки электролита от актиноидов осаждением их нитридов

6. Договор на выполнение НИОКР № ЗЭП-521 от 29.10.2013г.





Организация – заказчик: ООО «Завод электрохимических преобразователей»

Содержание работ: Сопровождение испытаний автономного источника тока на твердооксидных топливных элементах АИТ-ТОТЭ-1500.

7. Договор на выполнение НИОКР № 22/13 от 25.07.2013г.

Организация – заказчик: ФГУП «Российский Федеральный ядерный центр-Всероссийский НИИ технической физики имени академика

Е.И. Забабахина

Содержание работ: Описание физико-химических процессов в обоснование математической модели пироэлектрохимической переработки нитридного ОЯТ.

8. Договор на выполнение НИОКР № 5492/2 от 25.07.2014г.

Организация – заказчик: ФГУП «Государственный научный центр РФ-Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского»

Содержание работ: Анализ методов доочистки товарного свинца до реакторной чистоты, включая тонкослойный электролиз в хлоридных расплавах.

9. Договор на выполнение ОКР № 11-НИОКР/2014 от 02.12.2014 г.

Организация – заказчик: ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Содержание работ: Создание лабораторного макета электролизёра на твердооксидном электролите производительностью 20 литров водорода в час.

10. Договор на выполнение НИР № 2704-6/15 от 10.07.2015 г.

Организация – заказчик: АО «Уралэлектромедь»

Содержание работ: Разработка технологии получения рафинированного свинца из чернового свинца электролитическим методом.

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении  
организации в соответствующем научном направлении  
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации  
в соответствующем научном направлении, а также информация, которую ор-  
ганизация хочет сообщить о себе дополнительно**

ИВТЭ УрО РАН имеет договоры о сотрудничестве с рядом отечественных и зарубежных исследовательских организаций (Институт органического катализа и электрохимии, Казахстан; Государственный университет цветных металлов и золота, г. Красноярск; Томский политехнический университет; Ковровская государственная технологическая академия; Вятский государственный университет; Ариельский университетский центр, Израиль; Университет химической технологии и металлургии, София, Болгария; Аргонская национальная лаборатория, США, Даляньский морской университет, Китай; Пекинский технологический университет, Китай; Исследовательский центр Юлиха, Германии).

В Институте успешно функционирует аспирантура по следующим направлениям:



04.06.01 – Химические науки (02.00.04 – Физическая химия; 02.00.05 – Электрохимия)  
18.06.01 – Химическая технология (05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии).

На базе Института создан диссертационный совет Д 004.002.01 по защите диссертаций на соискание ученых степеней доктора химических наук, кандидата химических наук.

ИВТЭ УрО РАН является базовым институтом Химико-технологического, Физико-технологического институтов и Института естественных наук Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. При ИВТЭ работают:

- Научно-образовательные центры:

1. Научно-образовательный центр Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН и Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина «Электрохимическая энергетика и функциональные материалы», далее НОЦ УрФУ-ИВТЭ «Электрохимическая энергетика и функциональные материалы»; приказ № 558/03/27 от 14.12.2010

2. Научно-образовательный центр «Проблемы теоретической и экспериментальной химии твердого тела и электрохимии»; приказ от 18.01.2010 г.

- Совместные научные лаборатории:

1. Совместная научная лаборатория «Пирохимические технологии и материалы замкнутого ядерного топливного цикла» на базе ключевого центра превосходства «Технологии и материалы атомной энергетики» физико-технологического института Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Приказ № 287/03 от 14.04.2015 г.)

2. Совместная научная лаборатория высокотемпературных устройств для распределительной электрохимической энергетике на базе лаборатории материалов и устройств для электрохимической энергетике, структурного подразделения ХТФ УрФУ, и лаборатории электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах, структурного подразделения ИВТЭ УрО РАН (Приказ №530/03/38 от 23.06.2016г.).

3. Совместная исследовательская лаборатория гальванотехники кафедры ТЭХП ГОУ ВПО УрФУ и ИВТЭ УрО РАН (создана на основании Договора от 25 февраля 2007 года).

- Базовые кафедры:

1. Филиал кафедры «Технология неорганических веществ» (ТНВ) химико-технологического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина) в Учреждении Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН (ИВТЭ УрО РАН); договор от 08.09.2011г.

2. Филиал кафедры «Технология электрохимических производств» ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»; договор от 28.08.2008 г.



3. Филиал кафедры физической химии Уральского государственного университета; приказ от 28.11.1995 г.

4. Учебно-научный центр кафедры неорганической химии УрГУ им. А.М. Горького; приказ № 158д/у от 24.06.1998 г.

Тематики исследований ИВТЭ УрО РАН находятся в интересах технологических платформ:

- Замкнутый ядерный топливный цикл и реакторы на быстрый нейтронах;
- Материалы и технологии металлургии;
- Глубокая переработка углеводородных ресурсов;
- Экологически чистый транспорт «Зеленый автомобиль»;
- Интеллектуальная энергетическая система России;
- Малая распределённая энергетика.

При Институте работает Секция высокотемпературной электрохимии Научного совета РАН по электрохимии, которая способствует координации исследований и поддержанию высокого их качества в рамках семинаров, конференций, заседаний научных собраний и диссертационного совета при Институте.

В отчетный период институтом проводились научно-исследовательские работы по 12 проектам программ Президиума РАН, по 18 проектам, включая проекты по программ тематических отделений РАН, совместные проекты с другими отделениями РАН (СО РАН и ДВО РАН), интеграционные, междисциплинарные, инициативные, ориентированные, молодежные проекты РАН, проект "Арктика" УрО РАН, а также по 2 грантам Президента РФ для поддержки молодых российских ученых.

В 2013 г. сотрудник института был удостоен медали РАН с премией для молодых ученых за работу "Электрохимический способ получения нановолокон кремния". 10 сотрудников института стали получателями стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам. Один сотрудник института удостоен премии Губернатора Свердловской области для молодых ученых. Разработка института «Способ получения нано- и микроструктурных порошков и/или волокон кристаллического и/или ренгеноаморфного кремния» (патент РФ № 2486290) вошла в 100 лучших изобретений России в 2013 г.

Институт является организатором регулярной Российской конференции по физической химии и электрохимии расплавленных солей и твердых электролитов (с международным участием)".

В отчетном периоде институтом получено 47 патентов и свидетельств на программы ЭВМ.

На сегодняшний день в ИВТЭ УрО РАН реализуются 3 проекта РНФ:

1. Проект «Разработка новых мембранных материалов с протонной проводимостью и высокоэффективных электрокатализаторов для мембранно-электродного блока»

Финансирование: 10 000 тыс. руб.



2. Проект: «Фундаментальные основы электрохимического синтеза новых электродных материалов на основе кремния»

Финансирование: 10 800 тыс. руб.

3. Проект «Разработка научных основ и создание новых высокоэффективных протон-проводящих мембран и электродных материалов для электрохимических приложений в водородной и возобновляемой энергетике»

Финансирование: 12 000 тыс. руб.

Доля внебюджетных средств в общем бюджете ИВТЭ УрО РАН за 2013-2015 годы составила 44,13 %.

Доход от платных услуг ИВТЭ УрО РАН за 2013-2015 годы - 13,11% бюджета Института.

При участии института издается журнал "Расплавы". Журнал выходит шесть раз в год, входит в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендуемых ВАК. Переводная версия журнала -«Russian Metallurgy (Metally)» входит в базу "Scopus".

В результате государственно-частного партнёрства совместно в ОК «РУСАЛ» на базе лаборатории электродных процессов создан крупнолабораторный участок для исследования технологий получения новых сплавов легких металлов.

В 2014 г. по заказу ООО «Газпромтрансгаз Екатеринбург» при научно-техническом сопровождении ИВТЭ УрО РАН в ООО «Завод электрохимических преобразователей» (ГК РОСАТОМ, г. Новоуральск) был разработан и изготовлен экспериментальный образец автономной энергоустановки на базе твердооксидных топливных элементов для электропитания станций катодной защиты магистральных газопроводов.

Институт является головным исполнителем-разработчиком пироэлектрохимической технологии переработки отработавшего ядерного топлива в рамках государственной программы «ПРОРЫВ».

ФИО руководителя

Цедюхин

Подпись

Цедюхин

Дата

22 мая 2017г.



057741