



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



## ИДЕЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА **CARBONE**

### **1 Актуальность**

Углеродные материалы принадлежат к тем материалам, которые обладают уникальными физическими, механическими, химическими и эксплуатационными свойствами. Противоречивость свойств графита проявляется в различных условиях: с одной стороны, он легко окисляется при повышении температуры, с другой - является одним из наиболее инертных веществ в кислотах; сравнительно мягкий и хрупкий при низких температурах, он повышает свою прочность при высоких температурах. Уникальны свойства по теплопроводности, которые позволяют использовать графит и как теплоизоляционный, и как теплопроводный материал.

Анизотропия свойств графитовых материалов обеспечивает потребителю широкие возможности их использования. В зависимости от условий применения графит может быть и хорошим антифрикционным материалом, и материалом с высоким коэффициентом трения. В технике высоких температур графит нашел всеобщее признание как одно из самых тугоплавких веществ. Трудно найти такую отрасль промышленности, в которой не было бы потребности в углеграфитовых материалах. В качестве материалов подшипников и вкладышей он используется в машиностроении, судостроении, авиации и др. В качестве конструкционного материала - в высокотемпературных установках, теплообменниках для химической промышленности, в ядерной технике, в создании композиционных материалов для авиации, в ракетной технике, судостроении. Графит обладает высокой температурой плавления, отличной химической и термостойкостью, хорошей технологичностью.

Интерес с точки зрения науки и технологии к материалам на основе различных структурных форм углерода резко возрос в связи с открытием новых полиморфных углеродных модификаций, например, таких как нанотрубки, фуллерены, наноалмазы.

Гомогенные и гетерогенные, кристаллические и аморфные, природные и синтетические материалы на основе углерода, благодаря своим уникальным технологическим и эксплуатационным свойствам, нашли широкое применение в различных отраслях промышленности (машиностроение, электрометаллургия, химическая промышленность) и в активно развивающихся современных технологиях (атомная энергетика, аэро- и ракетно-космическая техника, термоэмиссионная микро- и наноэлектроника, инженерная экология).

Углеродные структуры, например, материалы на основе стеклоуглерода, применяются и в новейших научных направлениях: оптически активные и сверхпроводящие материалы, селективные адсорбционные среды, молекулярные полупроницаемые мембраны.

Углеродные материалы позволяют упрощать конструкции машин, снижать трудовые затраты на эксплуатацию машинного оборудования, увеличивать срок службы техники, снижать количество аварийных ситуаций и незапланированных простоев оборудования.



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



Широкое распространение в последнее время получили композиции искусственного графита с высокополимерными связующими: графитопласты на основе фенольных смол и графитофторопласты на основе различных марок фторопласта.

Основными областями применения искусственных графитов в настоящее время являются: технология полупроводниковых материалов и интегральных микросхем (нагреватели подложки, пьедесталы, контейнеры и т.д.); атомная энергетика (ТВЭЛ, ядерный графит и т.д.); чёрная и цветная металлургия (тигли, нагреватели, электроды, контейнеры, литейные формы, кристаллизаторы, изложницы и др.); производство стекла, керамики, алмазного инструмента (штампы, держатели, оснастка для горячего прессования и т.д.), авиаракетная техника (детали реактивных турбин, газовые рули, конуса и вкладыши критического сечения), а также точное машиностроение и металлообработка (подшипники, электроинструменты для электроэрозионной обработки металлов и сплавов), химическая промышленность (детали футеровки химической аппаратуры) и т.д.

Искусственный графит рассматривается как поликристаллический углеродный материал, который обладает сложной надкристаллитной структурой и разветвленной системой пор. Кристаллиты графита состоят из пакетов углеродных слоев, имеющих высокую степень трехмерного упорядочения. Физико-механические свойства графита определяются особенностями кристаллической структуры на микро- и макроуровне, которые зависят от природы исходного сырья и применяемой технологии изготовления.

Физико-химические свойства искусственных графитов после обжига и графитации определяются их структурными особенностями на микро- и макроуровнях. Характерной особенностью искусственных графитов является сильная зависимость физико-химических свойств от структуры исходных сырьевых материалов, а также от целого ряда технологических параметров процесса их получения. Важный показатель, позволяющий охарактеризовать структурные особенности различных углеродных материалов – степень совершенства их кристаллической структуры.

Развитие технологий и появление новых отраслей промышленности требуют разработки новых материалов с нетрадиционными свойствами, применяемых в двигателях самолётов, атомных реакторах, нефтехимической отрасли, жаростойких материалах, топливных элементах и др. Здесь необходим нестандартный конкурентноспособный подход к получению конструкционных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками посредством стабильной и доступной технологии производства. Такие задачи будут решаться в рамках данного проекта.

## **2 Организационная структура**

Проект направлен на развитие научного и академического взаимодействия между вузами, научными центрами и предприятиями Франции, Швейцарии, Бельгии и РФ.



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



Концепция проекта основывается на постоянном обучении и повышении квалификации её участников в международной научной, академической, производственной и культурно-философской среде. Организационная структура проекта представлена на рисунке.



## 3 Магистерская программа CARBONE

### 3.1 Концепция

в настоящее время интерес к углеродным материалам все более возрастает благодаря широкому диапазону их свойств – конструкционные и специальные материалы, электродные материалы устройств электрохимической энергетики, химического синтеза, очистки воды, защиты от коррозии. Кроме того, углеродные материалы перспективны в отношении создания полностью замкнутых циклов синтез – использование. Как и во многих развивающихся современных технологиях получение и применение материала представляет собой единый комплекс задач, с существенным взаимопроникновением. Существующая номенклатура направлений подготовки магистров не в полной мере отвечает этим требованиям, так как ориентирована или на получение, или на применение. В предлагаемой программе эти вопросы рассматриваются совместно, что позволяет выпускникам вести профессиональную деятельность в широком круге задач.

Концепция научно-образовательного проекта заключается в объединении международных партнёров для создания магистерской программы на французском, русском и английском языках в области технологии разработки углеродных материалов, целевой аудиторией которой являются российские и иностранные бакалавры, окончившие инженерные направления. При этом основными задачами являются:



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



- взаимовыгодное франко-российско-швейцарское объединение ученых и специалистов производства для эффективной подготовки студентов в области создания, исследования, производства и применения традиционных и новых материалов на основе углерода;
- освоение знаний в области изучения/исследования/анализа влияния структуры, гранулометрического состава, модификации поверхности, количества и природы исходного сырья и других параметров на физико-механические и эксплуатационные свойства углеродных материалов;
- получение практических навыков разработки/создания и модифицирования различных функциональных материалов на основе углерода с прогнозируемыми свойствами в лабораторных условиях;
- командная работа под руководством опытных наставников от университетов и реальных производств в рамках создания технологических процессов получения углеродных материалов с заданными свойствами и конкурентной рыночной стоимостью с предложениями по модернизированию оборудования.

Убеждены, что важно формировать специалистов, умеющих не только контролировать, оптимизировать и развивать производственные системы, но и способных продуцировать культурно-мировоззренческие взгляды и, как следствие, новые смыслы и концепции, позволяющие обеспечивать устойчивое развитие человечества, что особенно актуально в международном разрезе.

На протяжении обучения студенты следуют учебному плану и участвуют в еженедельных культурных, исторических, литературных и философских мероприятиях в целях дальнейшего формирования сценариев и картин будущего. Полученные в совокупности знания используются при выполнении совместного дистанционного проекта с вузом-партнёром, международной стажировки и выпускной работы.

## 3.2 Учебный план

Учебный план магистерской программы рассчитан на два года обучения (120 ECTS) и включает четыре основных блока:

### 1. Базовый блок (30 ECTS):

- Основные сведения, классификация и термины. Связи атома углерода и электронные свойства углеродных материалов (3 ECTS)

Варианты классификации. Основные термины. Валентные состояния атома углерода. Характеристика углерод-углеродных связей. Энергетический спектр графита. Электронные модели строения углеродных материалов.



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



– Свойства углерода и структура углеграфитовых материалов (3 ECTS)

Кристаллическая решетка и свойства графита. Виды дефектов кристаллической решетки. Кристаллическая структура. Текстура. Пористая структура. Структура переходных пор. Свойства углеграфитовых материалов. Прочностные свойства. Электрические свойства. Тепловые свойства. Термопрочность. Неоднородность физических свойств. Химические свойства.

– Общий обзор углеграфитовых материалов (4 ECTS)

Материалы для металлургии. Огнеупорные материалы. Химически стойкие изделия. Электроугольные изделия. Антифрикционные изделия. Графитовые материалы для атомной энергетики. Углеродные волокна, ткани и композиты на основе углерода. Углеродные электродные материалы. Углеродные наноматериалы.

– Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии (3 ECTS)

– Процессы массопереноса в системах с участием твердой фазы (10 ECTS)

– Экономический анализ и управление производством (2 ECTS)

– Философские проблемы науки и техники (3 ECTS)

– Деловой иностранный язык (2 ECTS)

## 2. Блок «Углеродные электродные материалы» (30 ECTS)

– Классификация углеродных электродных материалов (3 ECTS)

Виды и области применения углеродных электродных материалов: углеродные материалы в альтернативной энергетике, углеродные материалы в технологиях противокоррозионной защиты, углеродные материалы в металлургии щелочных и щелочноземельных металлов.

– Углеродные материалы в литий-ионных аккумуляторах (3 ECTS)

Анодные углеродные материалы литий-ионных аккумуляторов. Термодинамика и кинетика электродных процессов. Процессы пассивации углеродного анода, влияние поверхностных функциональных групп. Виды ПФГ на поверхности графита, возможности их получения и удаления. Методы исследований процессов образования ПФГ – полярографические и релаксационные методы, ИК-спектроскопия. Влияние гранулометрического состава на электрохимическую активность углерода в литий-ионных аккумуляторах. Электроды на основе смесей углеродных материалов, - графит - мезопористый углерод, графит – углеродные нанотрубки, графит – графен. Новые разработки углеродных материалов ЛИА – модифицирование углерода. Катодные углеродные материалы – механизм электродных процессов. Требования к катодным углеродным материалам.

– Углеродные материалы первичных ХИТ (3 ECTS)

Углеродные электродные материалы для ХИТ с жидким катодом – сажевый электрод тионилхлоридных и диоксид-серных электрохимических систем. Фторированный углерод как перспективный электродный материал литиевых ХИТ. Углеродные материалы «ядро-оболочка», возможности получения и применения в ХИТ. Платиноуглеродные катализаторы топливных элементов и углеродные материалы металл-воздушных элементов. Оксид графита как электродный материал первичных ХИТ.

– Углеродные электродные материалы суперконденсаторов (3 ECTS)

Материалы двойнослойных конденсаторов, углеродные ткани, активированный уголь. Методы исследования и получения характеристик, методы активации. Материалы гибридных конденсаторов – природный и очищенный графит, сферический графит.



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



- Углеродные электродные материалы в получении металлов и противокоррозионной защите (3 ECTS)

Анодные заземлители из углеродных материалов, требования, технологии. Процессы анодной деструкции углеродных материалов в защите от коррозии в почвах и водоемах. Методы исследований устойчивости углеродных материалов к анодному окислению. Пути повышения устойчивости углеродных материалов к деструкции.

Графитовые аноды в производстве алюминия, титана и магния. Методы исследования термической деструкции – дифференциальная сканирующая калориметрия. Пути повышения устойчивости.

- Деструкция углеродных материалов (3 ECTS)

Особенности применения углеродных материалов в сильно агрессивных средах. Возможные процессы анодного окисления углеродных материалов: интеркаляция анионов, образование ПФГ, предельное окисление, образование ароматических соединений. Взаимодействие графита с сильными окислителями, кислотами, хлором, кислородом. Методы исследования процессов деструкции – особенности гравиметрических исследований, применение газовой хроматографии, потенциометрический анализ продуктов анодного окисления. Влияние структуры, гранулометрического состава, модификации поверхности, количества и природы связующего на стойкость углеродных материалов к окислительной деструкции.

- Совместный дистанционный проект с вузом-партнёром (12 ECTS)

Возможные темы: Технологические операции получения электродов из углеродных материалов - Влияние гранулометрического состава на характеристики графита в ЛИА - Изучение процессов пассивации графитового анода в ЛИА - Анализ поверхности углеродного материала - Изучение электрохимического поведения оксида графита - Разрядные характеристики фторированного углерода - Изучение электродных процессов углеродного электрода в суперконденсаторах - Исследование деструкции материалов анодных заземлителей.

### **3. Блок «Международная стажировка» (30 ECTS)**

- Международная стажировка (30 ECTS)

### **4. Блок «Материалы конструкционного назначения на основе углерода» (30 ECTS)**

- Графитовые материалы для металлургии (3 ECTS)

Электроды для электросталеплавильных печей. Сырье и производство кокса. Макро-, микроструктура кокса. Сырье и производство связующего. Структура связующего. Модифицирование связующего. Композиции кокс-связующее, зависимость свойств от состава. Промышленная технология производства: термическая подготовка сырьевых материалов; измельчение; формование заготовок; обжиг; графитация; уплотнение. Методы исследования сырья и готовых материалов.

- Материалы на основе искусственного графита и синтетических смол (графитопласты) (2 ECTS)

Сырьевые материалы: графит, синтетические смолы. Состав, структура, свойства, применение. Промышленные технологии изготовления графитопластов: химически стойкая теплообменная аппаратура; токосъемные элементы электроподвижного состава (троллейбус, трамвай, электровоз); элементы антикоррозионной защиты оборудования (анодные заземлители, футеровочная плитка).





ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



– Конструкционные искусственные графиты (2 ECTS)

Производство мелкозернистых конструкционных графитов на основе композиций кокс-пек. Антифрикционные материалы с повышенной стойкостью к окислению, с пропиткой металлами и сплавами. Графитофторопластовые антифрикционные материалы. Изучение структуры и свойств материалов.

– Стеклоуглерод (2 ECTS)

Сырьевые материалы. Термодеструкция синтетических смол. Этапы термообработки в промышленной технологии. Формирование структуры стеклоуглерода. Состав, свойства и применение стеклоуглерода. Промышленная технология производства химически стойкой посуды из стеклоуглерода.

– Пиролитический углерод, композиты на его основе (3 ECTS)

Строение пироуглерода разных форм. Взаимосвязь параметров и газов пиролиза с продуктом осаждения. Свойства пироуглерода в изделиях. Пироуглерод в окислительных средах. Объемное уплотнение пиролитическим углеродом. Углерод-углеродные композиционные материалы на основе пироуглерода с каркасом из углеродного волокна. Промышленная технология производства материала и изделий.

– Преддипломная практика (9 ECTS)

– Выпускная работа (9 ECTS)

## 4 Лаборатории

В настоящее время в ЮРГПУ(НПИ) формируется лаборатория электрохимии углеродных материалов, оснащенная оборудованием синтеза УМ (реакторы получения пироуглерода, Тамбов), оборудованием диспергирования (ударно-вихревые мельницы гидродинамического типа, Калуга), оборудованием получения терморасширенного графита (Саратов), оборудованием для получения электродов электрохимических конденсаторов и литий-ионных аккумуляторов (Елец), приборами электрохимических исследований углеродных материалов, потенциостаты (ЮРГПУ(НПИ)), приборами контроля углеродных материалов, электронный микроскоп, дифференциальный сканирующий калориметр, ИК-спектрометр (ЦКП ЮРГПУ(НПИ)).

Тематика работ лаборатории базируется на научном заделе кафедры «Химические технологии» в области синтеза и исследования углеродных материалов электрохимических конденсаторов и литий-ионных аккумуляторов, исследований новых материалов анодных заземлителей, работ по применению углеродных материалов в процессах обеззараживания воды.

Тематика работ лабораторий технологии получения углеродных материалов и исследования углеродных материалов базируется на практическом опыте научной школы порошковой металлургии и композиционных материалов ЮРГПУ (НПИ) кафедры «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование».

Основные направления исследований – повышение механических, химических и эксплуатационных свойств материалов на основе различных видов искусственного графита и синтетических связующих. Области применения материалов – химически



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



стойкие материалы, системы трения с токосяемом, теплообменное оборудование, конструкционные материалы.

В лаборатории технологии получения углеродных материалов существует:

- Производство заготовок углеродных материалов для проведения испытаний материала с учетом влияния масштабного фактора графита.
- Дробильное и смесительное оборудование. Конусная дробилка, планетарная мельница (шаровая мельница), смеситель типа «пьяная бочка» (mélangeur à axe décalé).
- Прессовое оборудование. Гидравлический пресс, набор пресс-форм для прессования лабораторных заготовок.
- Термообработка. Печи электрического нагрева до 1300 °С с защитной атмосферой.
- Станки для механической обработки. Токарный, фрезерный, сверлильный.

Лаборатория исследования углеродных материалов обладает оборудованием для определения и изучения физико-механических, эксплуатационных свойств готовых продуктов и полуфабрикатов, изучение структуры материалов:

- Испытательное оборудование. Установка по определению параметров трения. Машина по определению обрабатываемости резанием. Установка по определению стойкости при высокотемпературном воздействии. Установка по определению параметров теплового расширения материалов. Машина для механических испытаний (разрыв, изгиб, сжатие).
- Металлографическое оборудование. Установка для приготовления микрошлифов углеродных материалов. Оптические микроскопы с программным обеспечением для анализа изображений.

Лаборатории – партнеры:

- Производственная лаборатория «Донкарб Графит»: химический анализ исходного сырья для получения углеродных материалов (синтетические смолы, графит), анализ технологических параметров полуфабрикатов, контроль готовой продукции.
- Научно-исследовательская лаборатория и отдел технологического контроля «ЭПМ - Новочеркасский электродный завод»: лабораторный прошивной пресс. Спектрограф, дериватограф, система автоматического анализа изображений микрошлифов, химический анализ исходного сырья для получения углеродных материалов (пек, графит), анализ технологических параметров полуфабрикатов, контроль готовой продукции.





ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



## 5 Публикации

### 1. Synthesis and study of cathode materials based on carbon nanotubes for lithium-ion batteries

Alexander V. Shchegolkov, F. F. Komarov, M. S. Lipkin, O. V. Milchanin, I. D. Parfimovich, Aleksei V. Shchegolkov, A. V. Semenkova, A. V. Velichko, K. D. Chebotov, V. A. Nokhaeva

Синтез и исследование катодных материалов на основе углеродных нанотрубок для литий-ионных аккумуляторов / А. В. Щегольков, Ф. Ф. Комаров, М. С. Липкин [и др.] // Перспективные материалы. – 2021. – № 2. – С. 66-76. – DOI 10.30791/1028-978X-2021-2-66-76.

This work presents a study of the conditions and possibilities for the intercalation of hexafluorophosphate anions into CNT-based electrodes. For this, cathodes based on CNTs synthesized on various (Co - Mo)/(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - MgO) and (Fe - Co)/2.1Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts were production. As a result, electrode materials were obtained at various concentrations of CNT/graphite: CNT-4F, CNT-6 and CNT-6F. The resulting electrodes were studied by cyclic voltammetry (CVA) in an electrolyte of a dissolved LiPF<sub>6</sub> salt based on EC:DEC solvents (in the ratio 1: 1: 1) with an admixture of 3 % VC at a sweep speed of 4 mV/s. Based on the obtained CVA dependences, the specific charge/discharge capacity of the electrodes CNT-4F, CNT-6 and CNT-6F was determined. The largest specific charge/discharge capacity calculated on the mass of CNTs had CNT-4F/graphite electrodes 292 and 164.22 mA·h·g<sup>-1</sup>, and the minimum specific CNT-4 electrodes without graphite, 41.67 and 1.5 mA·h·g<sup>-1</sup>, respectively. Also, the dependences of the average electrode utilization coefficient on the charge time at constant current on the cycle number at a charge of 300 s were obtained. For chronoamperograms of individual steps of the CNT-6F electrode, the values of lithium diffusion coefficients were calculated.

### 2. Synthesis and functionalization of carbon nanotubes for supercapacitor electrodes

A.V. Shchegolkov, E.A. Burakova, T.P. Dyachkova, N.V. Orlova, F.F. Komarov, M.S. Lipkin

Синтез и функционализация углеродных нанотрубок для электродов суперконденсаторов / А. В. Щегольков, Е. А. Буракова, Т. П. Дьячкова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2020. – Т. 63. – № 7. – С. 74-81. – DOI 10.6060/ivkkt.20206307.6239.

Carbon nanotubes (CNTs) have been synthesized using catalysts of the Ni/Mg, Fe-Co/Al<sub>2</sub>O and Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO composition with different component ratios by gas-phase chemical deposition. They differ in geometric parameters, the nature of the inclusion of metal oxide catalyst impurities, and morphological features. To form oxygen-containing functional groups on the surface, CNTs were oxidized with ozone-oxygen mixture (1 vol.% O<sub>3</sub>) at room temperature for 5 h. Initial and functionalized CNT samples were characterized by scanning and transmission electron microscopy, Raman and IR spectroscopy. It is shown that as a result of oxidation, the amorphous phase is removed from the material, and oxygen-containing groups-OH, >C=O and -O-C-O-are formed on the CNT surface. Also, during functionalization, there is a slight decrease in the specific surface area of the studied nanotube samples. The electrochemical behavior of initial and functionalized carbon nanotubes in an alkaline electrolyte was studied using cyclic voltammetry. It is shown that based on the analysis of CVA curves, CNTs can be divided into two groups-with the Faraday and non-Faraday character of the current electrode processes. The contribution of the non-Faraday component prevails



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



when carbon nanotubes synthesized on Ni/Mg and Co-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO catalysts are used as electrode materials. Oxidative functionalization of CNTs of this type is appropriate and contributes to the improvement and stabilization of capacitance properties during cycling. The positive influence of metal oxide catalyst admixtures on the properties of electrode materials was also noted. Therefore, ozone oxidation is a promising way to functionalize CNTs for their subsequent use as electrode materials for electrochemical capacitors.

### 3. Study of the stages of charge processes of graphite electrode of lithium-ionic battery in ethylene-carbonate electrolytes

M.S. Lipkin, D.N. Klimov, A.N. Tselykh, V.V. Novoselov, A.V. Semenkova, M.A. Burakov, A.G. Pisareva

Изучение стадий зарядных процессов графитового электрода литий-ионного аккумулятора в этиленкарбонатном электролите / М. С. Липкин, Д. Н. Климов, А. Н. Целых [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2019. – № 1(201). – С. 110-114. – DOI 10.17213/0321-2653-2019-1-110-114.

The tasks of the work included observation of changes in the carbon material and the electrode itself in the processes of the first charge and discharge cycle. It has been established that the reversibility of a graphite anode of LIA in cycling processes depends on the fixation conditions of the cathode material. Studies have established that in a free volume of electrolyte due to swelling and an increase in its own volume of material, mechanical destruction of the electrode occurs, which leads to a decrease in its reversibility, to form a symmetrically conducting SEI, the cross section of the intergrain contacts must correspond to the current density used. The measurements were carried out on a graphite electrode obtained by mixing the material with a binder (polyvinyl difluoride) and its subsequent rolling and drying. Studies were carried out in cells: with a free volume of electrolyte and a lithium auxiliary electrode; with the fixation of the electrodes and an auxiliary electrode of lithium cobaltite. Silver wire was used as a reference electrode.

### 4. Catalytically-active composite material on the basis of transition metal oxides

A.V. Khramenkova, V.M. Lipkin, A.V. Emelin, M.S. Lipkin, Z.I. Bespalova

Каталитически активный композиционный материал на основе оксидов переходных металлов / А. В. Храменкова, В. М. Липкин, А. В. Емелин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2017. – № 2(194). – С. 97-105. – DOI 10.17213/0321-2653-2017-2-97-105.

Composite oxide material which has the ability to reversible electrochemical intercalation of lithium is obtained on the surface of carbon fiber using transient electrolysis method. It is established that the electrochemical characteristics of the composite oxide material depends on concentration of sodium metavanadate in the cathodic degreasing electrolyte solution at the stage of preparation of carbon fiber surface.

- Kuriganova A, Faddeev N, Gorshenkov M, Kuznetsov D, Leontyev I, Smirnova N. A Comparison of “Bottom-Up” and “Top-Down” Approaches to the Synthesis of Pt/C Electrocatalysts. *Processes*. 2020; 8(8):947. <https://doi.org/10.3390/pr8080947>
- Faddeev, N.A., Kuriganova, A.B., Leont'ev, I.N. et al. Electrocatalytic Properties of Rh/C and Pt-Rh/C Catalysts Fabricated by the Method of Electrochemical



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



Dispersion. *Russ J Electrochem* 55, 346–350 (2019).  
<https://doi.org/10.1134/S1023193519030066>

7. Kuriganova, A.B., Leont'ev, I.N. & Smirnova, N.V. PtIr/C Catalysts Synthesized by Electrochemical Dispersion Method for Proton Exchange Membrane Fuel Cells. *Russ J Electrochem* 54, 561–565 (2018).  
<https://doi.org/10.1134/S1023193518060113>
8. Kuriganova, Alexandra B.; Leontyev, Igor N.; Alexandrin, Alexander S.; Maslova, Olga A.; Rakhmatullin, Aydar I.; Smirnova, Nina V. (2017). Electrochemically synthesized Pt/ TiO<sub>2</sub>-C catalysts for direct methanol fuel cell applications. *Mendeleev Communications*, 27(1), 67–69. doi:10.1016/j.mencom.2017.01.021
9. Increase of operating properties of current-collecting contacts by impregnation of products from a carbon composite material with aqueous solutions of copper salts

V.D. Eroshenko, A.N. Ovchinnikov

Ерошенко, В. Д. Повышение трибологических и электротехнических свойств изделий из углеродного композиционного материала путем пропитки водными растворами солей меди / В. Д. Ерошенко, А. Н. Овчинников // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2017. – № 2(194). – С. 122-126. – DOI 10.17213/0321-2653-2017-2-122-126.

The conditions for modifying the carbon composite materials used for current collection are studied by impregnation in aqueous solutions of copper salts with the addition of various wetting agents and subsequent heat treatment. The influence of the nature of salt, wetting agent, and heat treatment on the physico-mechanical and tribological properties of materials was established. It is shown that the impregnation of the carbon composite material during the day in an aqueous solution of copper acetate at atmospheric pressure followed by heat treatment at 250 °C ensures the introduction of ultrafine copper into the pores, which causes a decrease in the friction coefficient and a decrease in wear and an increase in the service life of the composite material as current collectors Inserts by 20 %. Reducing the specific electrical resistance and porosity of the material allows the material to be used at high current loads.

10. Study of the kinetics of the process of the curing of reshonic phenolomomedehide resin modified by metal salts

V.D. Eroshenko, V.P. Fokin, A.N. Ovchinnikov, A.A. Efimenko, L.M. Belyankina

Исследование кинетики процесса отверждения резольной фенолоформальдегидной смолы, модифицированной резорцинатом меди / В. Д. Ерошенко, В. П. Фокин, А. Н. Овчинников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2019. – № 2(202). – С. 48-54. – DOI 10.17213/0321-2653-2019-2-48-54.

In this work, the effect of copper resorcinate on the curing rate of a phenol-formaldehyde resin of a resol-type resin by the catalytic cold method is investigated. Para-toluenesulfonic acid was used as a curing catalyst. Copper has been shown to be an inhibitor of catalytic cold curing, with the rate of curing being more dependent on the amount of catalyst than on the temperature of the resin. It is also shown that modification with copper allows stabilizing the resin, while slowing down the aging process, as compared to pure resin. The effect of the amount of catalyst on the strength of the resole polymer was studied and a relationship was established where, with an increase in the amount of catalyst



ЮРГПУ (НПИ)  
132, ул. Просвещения, 346428 Новочеркасск,  
Ростовская область, Российская Федерация  
Тел.: +7 863 525 54 71  
Email: sidorova\_ev@npi-tu.ru  
www.npi-tu.ru



added, the porosity of the polymer increases and its strength decreases. It has been shown that after copper resorcinat modification, the cured resole resin has a layered microstructure, while the pure resole resin resembles a porous sponge, and a modifier influences the polymer structure.

## **6 Возможные источники финансирования**

- Erasmus Mundus Design Measures
- Российский научный фонд
- Гранты Правительства РФ
- Agence nationale de la recherche
- Поддержка со стороны предприятий и организаций
- и др.

## **7 Контакты**

**Липкин Михаил Семёнович**

Профессор кафедры «Химические технологии»

[lipkin@yandex.ru](mailto:lipkin@yandex.ru)

**Овчинников Андрей Николаевич**

Старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, технологические машины и оборудование»

[a.n.ovchinnikov@mail.ru](mailto:a.n.ovchinnikov@mail.ru)

**Сидорова Елена Владимировна**

Доцент кафедры «Нефтегазовые техника и технологии», заместитель директора Института международного образования

[sidorova\\_ev@npi-tu.ru](mailto:sidorova_ev@npi-tu.ru)