



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



IDÉE DE PROJET SCIENTIFIQUE ET ACADÉMIQUE CARBONE

1 Pertinence

Les matériaux de carbone ont des performances et des propriétés physiques, mécaniques et chimiques uniques. Les propriétés contradictoires du graphite se manifestent dans les conditions différentes : d'une part, il s'oxyde facilement avec l'augmentation de la température, d'autre part, c'est l'une des substances les plus inertes dans les acides ; relativement doux et fragile à basse température, il augmente sa résistance à haute température. Il possède des propriétés de conductivité thermique uniques qui permettent au graphite d'être utilisé à la fois comme matériau isolant et conducteur de chaleur.

L'anisotropie des propriétés des matériaux de graphite offre au consommateur de nombreuses possibilités d'utilisation. En fonction des conditions d'utilisation, le graphite peut être à la fois un bon matériau antifriction et un matériau ayant le coefficient de frottement élevé. Dans les équipements de haute température, le graphite a trouvé une reconnaissance universelle comme l'une des substances les plus réfractaires. Il est difficile de trouver une branche d'industrie dans laquelle il n'y a pas besoin de matériaux carbone-graphite. Il est utilisé comme matériau pour les roulements et les coussinets dans les constructions mécaniques, l'industrie navale, l'aviation, etc. ; en tant que matériau de structure – dans les installations à haute température, les échangeurs de chaleur pour l'industrie chimique, les équipements nucléaires, les matériaux composites pour l'aviation, l'industrie des missiles, l'industrie navale. Le graphite a un point de fusion élevé, une excellente résistance chimique et thermique et une bonne ouvrabilité.

L'intérêt du point de vue des sciences et technologies pour les matériaux à base de diverses formes structurales de carbone a fortement augmenté vu la découverte de nouvelles modifications polymorphes du carbone, par exemple, comme les nanotubes, les fullerènes, les nanodiamants.

Les matériaux homogènes et hétérogènes, cristallins et amorphes, naturels et synthétiques à base de carbone, en raison de leurs propriétés technologiques et opérationnelles uniques, ont trouvé une large application dans diverses industries (génie mécanique, électrometallurgie, industrie chimique) et dans des technologies modernes à développer activement (énergie nucléaire, aéronautique, ingénierie spatiale, missilerie, micro- et nanoélectronique thermionique, ingénierie environnementale).

Les structures en carbone, par exemple, les matériaux à base de carbone vitreux, sont également utilisées dans les domaines scientifiques avancés : matériaux optiquement actifs et supraconducteurs, milieux d'adsorption sélective, membranes moléculaires semi-perméables.

Les matériaux de carbone permettent de simplifier la conception des machines, réduire les coûts de main-d'œuvre liés à l'exploitation des machines, augmenter la durée de vie des équipements et réduire le nombre d'accidents et d'arrêt imprévus.



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



Les compositions de graphite artificiel avec des liants à haute teneur en polymère se sont récemment amplifiées : graphite-plastiques à base de résines phénoliques et graphite-fluoroplastiques à base de différentes fluoroplastiques.

Actuellement, les principaux domaines d'application des graphites artificiels sont : les technologies des matériaux semi-conducteurs et microcircuits intégrés (réchauffeurs de substrats, piédestals, réservoirs, etc.), l'énergie nucléaire (éléments combustibles, graphite nucléaire, etc.), la métallurgie ferreuse et non ferreuse (creusets, réchauffeurs, électrodes, récipients, moules de coulée, cristallisoirs, lingotières, etc.), la production de verre, céramique, outils à diamant (estampes, supports, équipements de pressage à chaud, etc.), l'aéronautique et la missilerie (pièces pour turbines à réaction, déflecteurs de flux, cônes et cols rapportés), ainsi que la mécanique de précision et l'usinage (roulements, outils électriques pour l'usinage par électroérosion), l'industrie chimique (pièces de garnissage des équipements chimiques), etc.

Le graphite artificiel est considéré comme un matériau de carbone polycristallin qui a une structure supercristalline complexe et un système de pores branché. Des cristallites de graphite sont constituées de paquets de couches de carbone avec un degré d'ordre tridimensionnel élevé. Les propriétés physiques et mécaniques du graphite sont déterminées par les caractéristiques de la structure cristalline aux micro- et macroniveaux, qui dépendent de la nature des matières premières et technologies de fabrication utilisées.

Les propriétés physico-chimiques des graphites artificiels après cuisson et graphitisation sont déterminées par leurs caractéristiques structurales aux micro- et macroniveaux. Une particularité des graphites artificiels est une forte dépendance des propriétés physiques et chimiques de la structure des matières premières initiales, ainsi que d'un certain nombre de paramètres du processus technologique de leur obtention. Un indicateur important qui permet de caractériser les structures de divers matériaux de carbone est la perfection de leur structure cristalline.

Le développement des technologies et l'émergence de nouvelles industries nécessitent la conception de nouveaux matériaux aux propriétés non conventionnelles qui seront utilisés dans les moteurs d'avions, les réacteurs nucléaires, l'industrie pétrochimique, aussi bien que les matériaux résistants à la chaleur, les piles à combustible, etc. Cela exige une approche compétitive non traditionnelle pour obtenir des matériaux structurels de haute performance grâce aux technologies de fabrication stables et abordables. Ces objectifs seront atteints dans le cadre de ce projet.

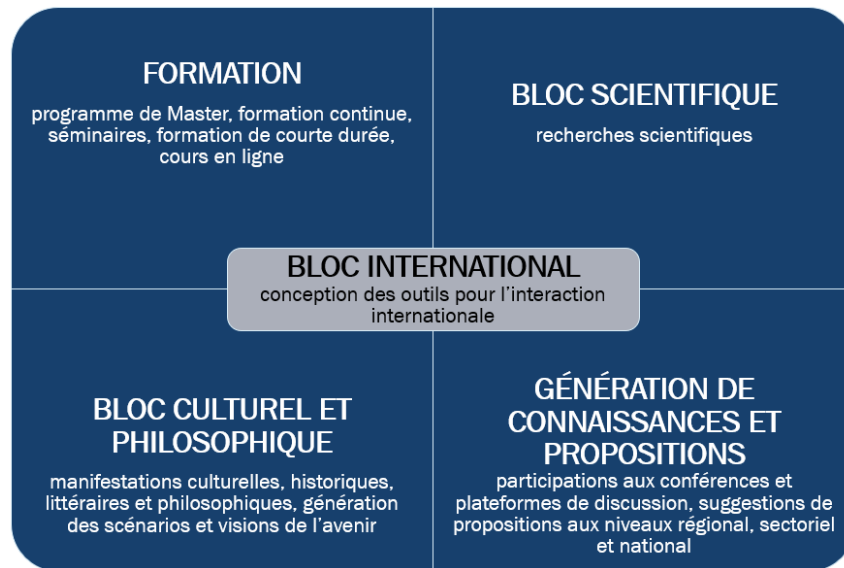
2 Organigramme

Le projet vise à développer l'interaction entre des établissements d'enseignement supérieur, centres de recherche et entreprises en France, Suisse, Belgique et Fédération de Russie.

Le concept du projet est basé sur la formation continue de ses participants dans l'environnement scientifique, académique, industriel, culturel et philosophique international. L'organigramme du projet est illustré sur la figure ci-après.



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



3 Programme de Master CARBONE

3.1 Conception

À l'heure actuelle, l'intérêt pour les matériaux de carbone augmente de plus en plus en raison d'un large éventail de leurs propriétés : des matériaux spéciaux de structure, des matériaux d'électrodes pour l'énergie électrochimique, la synthèse chimique, la purification de l'eau, la protection contre la corrosion. De plus, les matériaux de carbone sont prometteurs en termes de mise en place des cycles de synthèse-utilisation complètement fermés. Comme dans de nombreuses technologies avancées à développer, la production et l'utilisation de matériaux sont un ensemble intégral de tâches en interconnexion. La gamme existante des formations de masters ne répond pas pleinement à ces exigences, car elle est axée soit sur la production, soit sur l'utilisation. Dans le programme proposé, ces questions sont examinées conjointement, ce qui permet aux diplômés de poursuivre des activités professionnelles dans des différents domaines.

La conception du projet scientifique et académique est de solidariser des partenaires internationaux pour élaborer le programme de master en français, russe et anglais dans le domaine des technologies de fabrication des matériaux de carbone, dont le public cible est les étudiants russes et étrangers diplômés en Sciences de l'Ingénieur (BAC+3 ou BAC+4), ainsi que les étudiants participant à des programmes de mobilité internationale. Dans ce cas, les objectifs principaux sont :

- la solidarisation franco-russo-suisse mutuellement avantageuse de chercheurs et experts pour former efficacement des étudiants dans le domaine de la conception, étude, fabrication et application des matériaux traditionnels et nouveaux à base de carbone ;



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



- la maîtrise des connaissances dans le domaine de l'étude/recherche/analyse de l'influence de la structure, granulométrie, modification superficielle, quantité et nature de la matière première et d'autres paramètres sur les propriétés physiques, mécaniques et opérationnelles des matériaux de carbone ;
- l'acquisition des savoir-faire pratiques dans la conception et la modification de divers matériaux fonctionnels à base de carbone avec des propriétés prévisibles dans les laboratoires ;
- un travail d'équipe sous la direction de mentors expérimentés d'universités et d'industries dans le cadre de la conception de processus technologiques pour obtenir des matériaux de carbone aux propriétés souhaitées et valeur marchande compétitive, aussi bien que le perfectionnement des équipements.

Nous sommes convaincus qu'il est important de former des experts capables non seulement de contrôler, d'optimiser et de développer de systèmes de production, mais également ceux capables de produire des visions culturelles et idéologiques et, par conséquent, de nouveaux sens et des concepts innovants permettant d'assurer le développement durable de l'humanité, ce qui est particulièrement pertinent dans le contexte international.

Tout au long de leurs études, les étudiants suivent le programme et participent à des événements culturels, historiques, littéraires et philosophiques hebdomadaires afin de former les scénarios et les visions de l'avenir. Les connaissances acquises dans leur globalité sont utilisées dans la mise en œuvre d'un projet en commun à distance avec un organisme partenaire, des stages internationaux et des projets de fin d'études.

3.2 Plan d'études

Le programme d'études de master est conçu pour deux années d'études (120 ECTS) et comprend quatre blocs principaux :

1. Bloc fondamental (30 ECTS) :

- Informations générales, classification et termes. Liens de carbone et propriétés électroniques des matériaux de carbone (3 ECTS)

Classifications. Termes de base. États de valence de l'atome de carbone. Caractérisation des liaisons carbone-carbone Distribution énergétique du graphite. Modèles structurels d'électrons des matériaux de carbone.

- Propriétés du carbone et structure des matériaux carbone-graphite (3 ECTS)

Réseau cristallin et propriétés du graphite. Types de défauts de réseau cristallin. Structure cristalline. Texture. Structure poreuse. Structure de pores de transition. Propriétés des matériaux carbone-graphite. Propriétés de résistance. Propriétés électriques. Propriétés thermiques. Résistance thermique. Inhomogénéité des propriétés physiques. Propriétés chimiques.



– Aperçu général des matériaux carbone-graphite (4 ECTS)

Matériaux pour la métallurgie. Matériaux réfractaires. Produits chimiquement résistants. Produits de charbon électrique. Produits antifriction. Matériaux de graphite pour l'industrie énergétique nucléaire. Fibres de carbone, tissus et composites à base de carbone. Matériaux d'électrodes de carbone. Nanomatériaux de carbone.

- Méthodes de recherche théoriques et expérimentales en chimie (3 ECTS)
- Processus de transfert de masse dans les systèmes avec une phase solide (10 ECTS)
- Analyse économique et gestion de la production (2 ECTS)
- Problèmes philosophiques des sciences et technologies (3 ECTS)
- Langue étrangère des affaires (2 ECTS)

2. Bloc « Matériaux d'électrodes de carbone » (30 ECTS)

– Classification des matériaux d'électrodes de carbone (3 ECTS)

Types et domaines d'application des matériaux d'électrodes de carbone : matériaux de carbone dans les énergies alternatives, matériaux de carbone dans les technologies de protection anticorrosion, matériaux de carbone dans la métallurgie des métaux alcalins et alcalino-terreux.

– Matériaux de carbone dans les batteries lithium-ion (3 ECTS)

Matériaux de carbone anodique pour batteries lithium-ion. Thermodynamique et cinétique des processus d'électrodes. Les processus de passivation de l'anode de carbone, l'influence des groupes fonctionnels de surface (GFS). Types de GFS sur la surface du graphite, possibilité de les obtenir et de les éliminer. Méthodes d'étude des processus de formation des GFS - méthodes polarographiques et de relaxation, spectroscopie IR. L'influence de la distribution granulométrique sur l'activité électrochimique du carbone dans les batteries lithium-ion. Electrodes à base de mélanges de matériaux de carbone, graphite - carbone mésoporeux, graphite - nanotubes de carbone, graphite-graphène. Nouveaux développements des matériaux de carbone pour les batteries lithium-ion - modification du carbone. Matériaux de carbone cathodiques - mécanisme des processus d'électrodes. Exigences pour les matériaux de carbone cathodiques.

– Matériaux de carbone des éléments galvaniques primaires (3 ECTS)

Matériaux d'électrodes de carbone pour les éléments galvaniques (EG) avec cathode liquide - électrode de noir de carbone de systèmes électrochimiques de chlorure de thionyle et de dioxyde de soufre. Carbone fluoré comme matériau d'électrodes prometteur pour EG au lithium. Matériaux de carbone « cœur-enveloppe », possibilités d'obtenir et utiliser en EG. Catalyseurs platine-carbone de piles à combustible et matériaux de carbone pour les éléments métal-air. Oxyde de graphite comme matériau d'électrodes pour les EGs primaires.

– Matériaux d'électrodes de carbone pour supercondensateurs (3 ECTS)

Matériaux de condensateur à double couche, tissus de carbone, charbon actif. Méthodes de recherche et caractérisation, méthodes d'activation. Matériaux de condensateurs hybrides : graphite naturel et raffiné, graphite sphérique.

– Matériaux d'électrodes de carbone dans la production de métaux et protection anticorrosion (3 ECTS)



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



Mises à la terre anodique en matériaux carbone : exigences, technologies. Processus de destruction anodique des matériaux de carbone en protection contre la corrosion dans les sols et plans d'eau. Méthodes pour étudier la résistance des matériaux de carbone à l'oxydation anodique. Moyens d'augmenter la résistance des matériaux de carbone à la destruction. Anodes en graphite dans la production d'aluminium, titane et magnésium. Méthodes pour étudier la destruction thermique : calorimétrie différentielle à balayage. Moyens d'améliorer la résistance.

– Destruction de matériaux de carbone (3 ECTS)

Particularités de l'utilisation de matériaux de carbone dans des milieux très agressifs. Processus possibles d'oxydation anodique des matériaux de carbone : intercalation des anions, formation de GFS, oxydation limite, formation de composés aromatiques. Interaction du graphite avec des oxydants forts, acides, chlore, oxygène. Méthodes pour étudier des processus de destruction : particularités des études gravimétriques, application de la chromatographie en phase gazeuse, analyse potentiométrique des produits d'oxydation anodique. Influence de la structure, la distribution granulométrique, la modification superficielle, la quantité et la nature du liant sur la résistance des matériaux de carbone à la destruction oxydative.

– Projet en commun à distance avec un organisme-partenaire (12 ECTS)

Sujets possibles : Opérations technologiques d'obtention d'électrodes à partir de matériaux de carbone – Influence de la distribution granulométrique sur les caractéristiques du graphite en LIB – Étude des processus de passivation d'une anode en graphite dans les batteries lithium-ion – Analyse de surface du matériau de carbone – Étude du comportement électrochimique de l'oxyde de graphite – Caractéristiques de décharge du carbone fluoré – Étude des processus d'électrodes de l'électrode de carbone dans les supercondensateurs – Étude de la destruction des matériaux de mises à la terre anodiques.

3. Bloc « Stage international » (30 ECTS)

– Stage international (30 ECTS)

4. Bloc « Matériaux de structure à base de carbone » (30 ECTS)

– Matériaux graphite pour la métallurgie (3 ECTS)

Électrodes pour fours à arc électrique. Matières premières et production de coke. Macro-, microstructure du coke. Production de matières premières et liants. Structure du liant. Modification du liant. Compositions de coke-liant, dépendance des propriétés de la composition. Technologies de production industrielle : préparation thermique des matières premières, broyage, formation des ébauches, cuisson, graphitisation, compaction. Méthodes de recherche des matières premières et finis.

– Matériaux à base de graphite artificiel et résines synthétiques (graphite-plastique) (2 ECTS)

Matières premières : graphite, résines synthétiques. Composition, structure, propriétés, application. Technologies industrielles pour la production de graphite-plastique : appareillage d'échange de chaleur résistant aux produits chimiques, éléments collecteurs de courant du matériel roulant électrique (trolleybus, tramway, locomotive électrique), éléments de protection anticorrosion des équipements (mises à la terre anodiques, dalles de revêtement).

– Graphite artificiel de structure (2 ECTS)

Production de graphites de structure à grains fins à base de compositions de brai-coke. Matériaux antifriction à résistance élevée à l'oxydation, imprégnés de métaux et alliages.



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



Matériaux antifriction graphite-fluoroplastique. Étude de la structure et des propriétés des matériaux.

– Carbone vitreux (2 ECTS)

Matières premières. Destruction thermique des résines synthétiques. Étapes du traitement thermique dans la technologie industrielle. Formation de la structure de carbone vitreux. Composition, propriétés et application du carbone vitreux. Technologies industrielles pour la production de verrerie chimiquement résistante à partir de carbone vitreux.

– Carbone pyrolytique, composites à sa base (3 ECTS)

Structure du pyrocarbone de diverses formes. Interrelation des paramètres et des gaz de pyrolyse avec le produit de précipitation. Propriétés du pyrocarbone dans les produits. Pyrocarbone dans des environnements oxydants. Consolidation à trois dimensions par carbone pyrolytique. Matériaux composites carbone-carbone à base de pyrocarbone et squelette en fibre de carbone. Technologies industrielles pour fabriquer des matériaux et produits.

– Stage de fin d'études (9 ECTS)

– Projet de fin d'études (9 ECTS)

4 Laboratoires

Actuellement, l'UPESR est en train de mettre en place le Laboratoire d'électrochimie des matériaux de carbone, muni d'équipements de synthèse des matériaux de carbone (réacteurs de pyrocarbone à Tambov), équipements de dispersion (broyeurs percutants à cyclone de type hydrodynamique à Kalouga), équipements pour obtenir des graphites expansés thermiquement (Saratov), équipements pour obtenir des électrodes de condensateurs électrochimiques et batteries lithium-ion (Elets), appareils pour l'étude électrochimique des matériaux de carbone, potentiostats, contrôleurs des matériaux de carbone, microscope électronique, calorimètre à balayage différentiel, spectromètre IR (UPESR).

Les axes de recherche du laboratoire s'appuient sur les acquis scientifiques du Département « Procédés chimiques » dans le domaine de la synthèse et l'étude des matériaux de carbone, condensateurs électrochimiques et batteries lithium-ion, les recherches de nouveaux matériaux pour les mises à la terre anodiques et d'utilisation des matériaux de carbone dans les processus de désinfection de l'eau.

Les axes de recherche des laboratoires « Technologies de production de matériaux de carbone » et « Études de matériaux de carbone » s'appuient sur l'expérience pratique de l'équipe de recherche « Métallurgie des poudres et Matériaux composites » du Département « Technologies des constructions mécaniques, machines et équipements technologiques » à l'UPESR.

Généralement, c'est l'amélioration des propriétés mécaniques, chimiques et opérationnelles des matériaux en utilisant de différents types de graphites artificiels et liants synthétiques pour des matériaux chimiquement résistants, systèmes de friction avec captage du courant, équipements d'échange de chaleur et matériaux de construction.

Le laboratoire « Technologies de production de matériaux de carbone » possède :



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



- Matériel de fabrication d'éprouvettes de matériaux de carbone pour des essais qui tiennent compte de l'effet d'échelle du graphite.
- Machines de broyage et de mélange. Broyeur à cône, broyeur planétaire, mélangeur à axe décalé.
- Matériel de presse. Presse hydraulique, l'ensemble de moules pour presser des éprouvettes.
- Matériel de traitement thermique. Fours de chauffage électrique jusqu'à 1300 °C à atmosphère protectrice.
- Machines-outils : tour, fraiseuse, perceuse.

Le laboratoire « Études de matériaux de carbone » possède du matériel d'études de la structure des matériaux et des propriétés physiques, mécaniques et opérationnelles des produits finis et semi-produits :

- Équipements d'essai : machine d'essai mécanique (traction, flexion, compression), installations pour déterminer les paramètres de frottement, l'usinabilité, la résistance à haute température, les paramètres de dilatation thermique des matériaux.
- Matériel métallographique : installation pour préparer des coupes polies de matériaux de carbone, microscopes optiques avec logiciel d'analyse d'images.

Nos partenaires :

- Laboratoire industriel de DONCARB GRAPHITE, LLC (<https://doncarb.com/en/>) : analyse chimique des matières premières pour des matériaux de carbone (résines synthétiques, graphites), analyse des paramètres technologiques de semi-produits, contrôle des produits finis.
- Laboratoire de recherches scientifiques et Service de contrôle technologique de EPM Group – Usine d'électrodes de Novotcherkassk (<https://www.epmgroup.ru/en/o-kompanii/proizvodstvennyie-aktivyi/novoroherkasskij-elektrodney-zavod/>) : presse à extrusion, appareil spectrophotographique, dérivatographe, système d'analyse automatique des coupes polies, analyse chimique des matières premières pour des matériaux de carbone (brai de houille, graphite), analyse des paramètres technologiques des semi-produits, contrôle des produits finis.

5 Publications

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



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



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)/(Al₂O₃ - MgO) and (Fe - Co)/2.1Al₂O₃ 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 LiPF₆ 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⁻¹, and the minimum specific CNT-4 electrodes without graphite, 41.67 and 1.5 mA·h·g⁻¹, 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/Al₂O₃ and Co-Mo/Al₂O₃-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.% O₃) 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 when carbon nanotubes synthesized on Ni/Mg and Co-Mo/Al₂O₃-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 Dispersion. *Russ J Electrochem* 55, 346–350 (2019). <https://doi.org/10.1134/S1023193519030066>
- 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>
- Kuriganova, Alexandra B.; Leontyev, Igor N.; Alexandrin, Alexander S.; Maslova, Olga A.; Rakhmatullin, Aydar I.; Smirnova, Nina V. (2017). Electrochemically



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



synthesized Pt/ TiO₂-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 фенолформальдегидной 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 resorcinat 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 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.



Université Polytechnique d'État du Sud de la Russie M. I. Platov
132, rue Prosvechtchenia, 346428 Novotcherkassk,
oblast de Rostov, Fédération de Russie
Tél. : +7 863 525 54 71
Courriel : sidorova_ev@npi-tu.ru
www.npi-tu.ru



6 Sources éventuelles de financement

- Erasmus Mundus Design Measures,
- Fondation scientifique russe,
- Subventions du Gouvernement de la Fédération de Russie,
- Agence nationale de la recherche,
- Soutien de la part des entreprises et organisations,
- et d'autres.

7 Contacts

Mikhaïl LIPKINE

Professeur du Département
« Procédés chimiques »

lipkin@yandex.ru

Andreï OVTCHINNIKOV

enseignant-chercheur au
Département « Technologies des
constructions mécaniques,
machines et équipements
technologiques »

a.n.ovchinnikov@mail.ru

Elena SYDOROVA

Maître de Conférences au
Département « Équipements et
technologies pétroliers et gaziers »,
Vice-Directrice de l'Institut de
Formation internationale

sidorova_ev@npi-tu.ru